الحاسب والذكاء الإصطناعى





منى طلبه   د. جمال عبد المعطى   د. علاء الدين محمد فهمى
عبد الوهاب   أ. د. السيد نصر الدين   مصطفى جاد الحق محمد
أمين فهمى شكرى   د. محمد سعيد عبد الوهاب

١٠

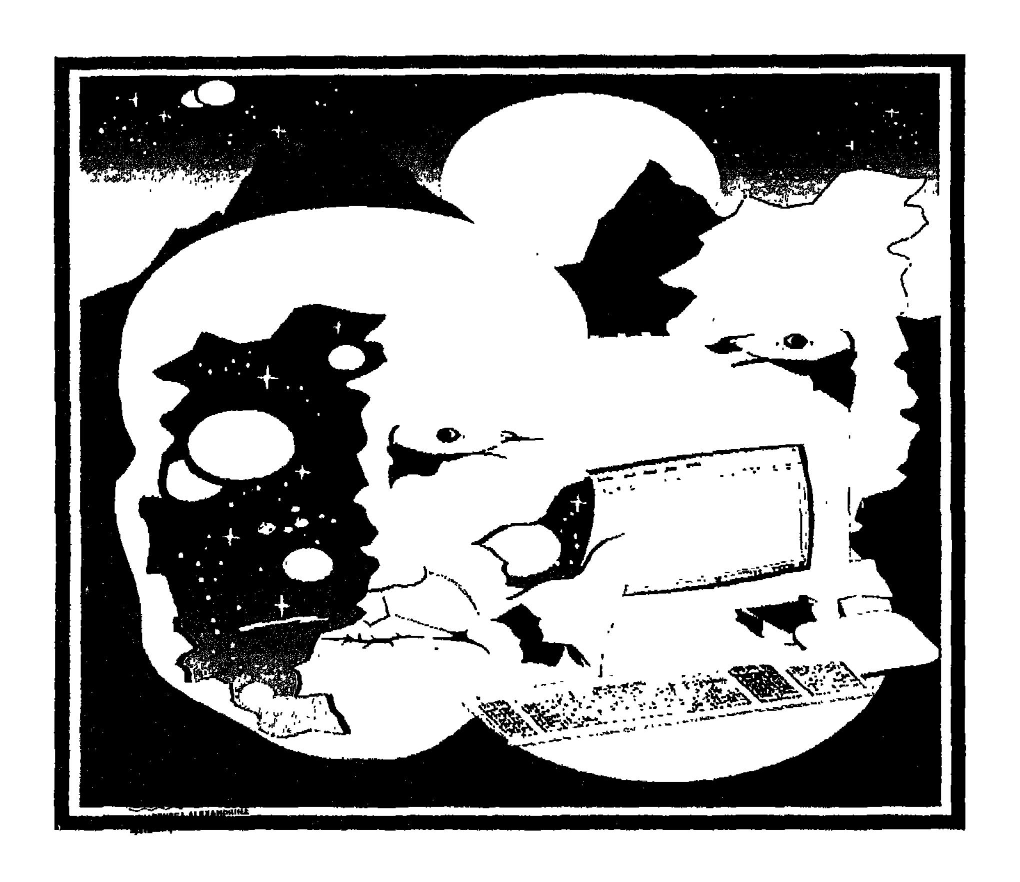
مجموعة كتب دلتا



الحاســب
والذكــاء الإصطناعى



الحاسب والذكاء الإصطناعى



ا.د. محمد فهمى طلبه   د. جمال عبد المعطى   د. علاء الدين محمد فهمى

م. مصطفى رضا عبد الوهاب   ا. د. السيد نصر الدين   مصطفى جاد الحق محمد

د. أمين فهمى شكرى   د. محمد سعيد عبد الوهاب

١٠



رقم الإيداع ٤٠٤٠/٩٤

مطابع المكتب المصري الحديث
MODERN EGYPTIAN PRESS
ت : ٢٢١١٠٧١ - ٢٢١١٠٧٢ - فاكس ٢٢١١٠٧٣

تقــديــم

لن نكـون مبـالغين إذا قلنـا أن علـم الذكـاء الإصطنـاعى سـيحول الحاسـبات مـن مجـرد أداة مفيدة إلى معـدة أساسـية ذات قيمـة كبـيرة فى حياتنـا العمليـة. وحتـى يمكـن إسـتيعاب هـذه الحقيقة فللقارئ أن يتخيل أنه ركب آلة الزمن ووصل بها إلى أحد السنوات بعد عـام ٢٠٠٠ ليجد نفسه جالسا فى حجرتـه علىمكتبه وعلى يمينه الحاسب الآلى الخاص به وهو لايعـرف التعـامل معـه ولـم يتـدرب علـى ذلـك ومـع هـذا فإنـه يتعـامل معـه مـن خـلال الميكروفـون أو لوحــة المفاتيـح مستخدما لغته الطبيعيــة (العربية أو الإنجليزية أو ... الخ) فىسـؤال الحاسـب عـن أى أسئلة مرتبطة بعمله أو أسئلة أخرى عامة تاريخية أو جغرافيـة ... سياسـية أو إقتصاديـة .. الخ ويتم تعامله مع الحاسب بنفس اللغة والاسلوب الذى يتعامل به مـع الشخص العـادى فيقـوم الحاسب بفهم وإستيعاب السؤال والرد عليه وربما قبل ذلك يدور حوار بينه وبين الحاسـب عـن تفاصيل وإستفسارات متعلقة بالسؤال الذى طرحه عليه بنفـس الكيفيـة التـى يـدور بهـا حـوار بينه وبين شخص ما عندمـا يطلب الاجابـة عـن سؤال أو إستفسار. وعلـى الجانب الآخـر مـن الحجرة أو على نفس المكتب يوجـد جهاز تليفـون متصـل بالحاسـب الآلـى حيـث يقـوم القـارئ بإجراء إتصال هاتفى لليابان مثلا ثم يقوم بالتحدث باللغة العـربيــة فيقـوم الحاسب باسـتقبال الكلام وفهمه ثم ترجمته إلى اليابانية ثم يتم تخليق الكلام المناظر باللغة اليابانية فـى نفـس التو واللحظة حتى يسمعها المتحدث بـالطرف الآخـر مـن الخـط ليقـوم بـالرد بلغتـه اليابانيـة فيقوم الحاسب بترجمتها للعربية وهكذا يمكن أن يدور الحـوار بيـن الطرفيـن ويكـون الحاسـب هو الوسيط المترجم. كما يوجد فى الحجرة إنسان آلـى مـبرمـج ليقـوم ببعـض أعمـال الصيانـة بالإضافة إلى أعمال السكرتارية. هذا بالإضافة إلى عشرات الصـور التـى يمكـن التنبـؤ بهـا والتـى من خلالها يقوم الحاسب بمحاكاة ذكاء الانسان وقدراته بالإضافة إلى بعض خبراته.

ونعود مرة أخرى إلى واقعنـا الحـالى ونتسأل ... هـل يمكـن تحويـل تلـك الصـور إلـى واقـع حقيقى ؟ فتكون الإجابة أن هذه القضية هى موضوع هذا الكتاب حيث يجيب فى صفحاته علـى الثلاثة أسئلة الآتية : ماهو الذكاء الاصطنـاعى ؟ كيف يمكـن أن يستخدم ؟ وماهوتـأثيره علـى حياتنا العملية ؟ ومما لاشك فيه أن الطريق ليس ممهدا وأنه لازالت العديـد مـن القضايـا تحـت البحث ولـم يتـم التوصـل بعـد إلـى حلـول لها إلاأن هنـاك البعـض الآخـر مـن القضايـا حسـمت وخرجت إلى واقع التطبيق العملى.

ويتكون هذا الكتـاب مـن خمسـة أجـزاء حيـث يقـدم الجـزء الأول نظـرة عامـة علـى الذكـاء الإصطناعى يشمل مختلف التعريفات التى وضعت له بواسطة العلماء المتخصصين كمـا يوضـح هذا الجزء الفروق الأساسية بين الحاسب ومخ الإنسان مع شرح أهم العنـاصر التـى يتميـز بهـا كـل

منهما عن الآخر هذا بالإضافة إلى أهم مجالات تطبيق الذكاء الإصطناعى والتى تشمل النظم الخبيرة ومعالجة اللغات الحية والتعرف على الكلام المنطوق والرؤية بالحاسب والبرمجية للإنسان الآلى.

ويعالج الجزء الثانى " هندسة المعرفة " عملية إكتساب المعرفة وأنواع المعرفة ومصادرها ومصاعب إكتسابها هذا بالإضافة إلى المهارات المطلوبة لمهندسى المعرفة والأدوات المساعدة المستخدمة فى إكتساب المعرفة. كما يناقش هذا الجزء طرق تمثيل المعرفة. هذا بالإضافة إلى الإستدلال والشرح فى نظم الذكاء الإصطناعى كما يوضح أنواع الإستنتاج كما يوضح مفهوم عدم المصداقية وطرق تمثيل عدم الثقة وكذلك طرق معالجة عدم الثقة مع الإشارة إلى بعض النظريات المستخدمة.

أما الجزء الثالث فيتكون من ثلاثة فصول يناقش أولها تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى والنماذج المختلفة لعملية التنفيذ ثم توضح الفصول التالية لغة ليسب (LISP) ولغة برولوج (PROLOG) كنموذجين لبعض لغات البرمجة والأدوات المستخدمة فى بناء نظم الذكاء الإصطناعى.

ويتكون الجزء الرابع " النظم الخبيرة " من هذا الكتاب من ثلاثة فصول حيث يلقى الفصل الأول نظرة عامة على النظم الخبيره تشمل المقومات الأساسية لها والعناصر الأساسية اللازمة لبناء نظام خبير والخصائص الرئيسية له والفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية والأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة وأهم مجالات تطبيقها هذا بالإضافة إلى تقديم بعض الأمثلة للنظم الخبيرة فى مجالات مختلفة تشمل الطب والهندسة والزراعة والجيولوجيا والإلكترونيات والفيزياء والمجالات الحربية.

أما الجزء الخامس فيعالج موضوع الشبكات العصبية الإصطناعية حيث يبدأ بتوضيح الفرق بين الشبكات العصبية الطبيعية والشبكات العصبية الإصطناعية. ويناقش مكونات وطرق معالجتها للمعلومات هذا بالاضافة إلى المكونات المادية والبرمجية لهذه الشبكات. كما يوضح فوائد الشبكات العصبية الإصطناعية وتطبيقاتها فى مجال بناء النظم الخبيرة واللغات الحية والرؤية بالحاسب والإنسان الآلى والتعرف على أنماط الكتابة ونظم المساندة فى إتخاذ القرار .ويناقش هذا الجزء أيضا معمارية الشبكه العصبية والطرق المختلفة لتعليمها بالإضافة إلى بعض التطبيقات العملية لهذه الشبكات مع توضيح الإتجاهات المستقبلية وعلاقتها بتطوير نظم الحاسب فى المستقبل.

لقد كان استخدام الحاسبات طوال الأربعين سنة الماضية - هى العمر الحقيقى للحاسبات - مفيدا للمتخصصين المدربين على التعامل معها فى مختلف المجالات أما حاسبات المستقبل -

من خلال تكنولوجيا الذكاء الإصطناعى - فسوف تتمتع بالذكاء الكافى كـى يتعـامل معها غـير المدربين وفى مجالات عديدة تفوق كل التصورات الحالية. ومن هذا المنطلـق فإن كتابنـا هـذا يعتبر خطوة تجاه تفهم هذه الحقائق.

والله الموفق ،،،

أ ٠ د ٠ محمد فهمى طلبه



محتويات الكتاب

مسلسل | الموضوع | رقم الصفحة

الجزء الأول " الذكاء الإصطناعي " ---------- ٢١

مقدمة ---------- ٢٣

الفصل الأول " نظرة عامة " ---------- ٢٥

١ - ١ ماهو الذكاء الاصطناعي ---------- ٢٧
١ - ٢ تعريف الذكاء الاصطناعي ---------- ٢٧
١ - ٣ مايؤديه الحاسب أفضل من الانسان ---------- ٢٩
١ - ٤ مايؤديه الانسان أفضل من الحاسب ---------- ٣٠
١ - ٥ المعالجة المرمزة (Symbolic Processing) ---------- ٣١
١ - ٦ الحدس (Heuristics) ---------- ٣١
١ - ٧ مضاهاة الصور (Pattern Matching) ---------- ٣٢
١ - ٨ الإستدلال (Inferencing) ---------- ٣٣
١ - ٩ الحاسب والمخ البشرى ---------- ٣٣
١ - ١٠ أهمية الذكاء الإصطناعى ---------- ٣٤
١ - ١١ البيانات والمعلومات والمعارف ---------- ٣٦
١ - ١٢ الذكاء الاصطناعى والتكنولوجيا ---------- ٣٨
١ - ١٣ المجالات الأساسية للذكاء الاصطناعى ---------- ٣٩
١ - ١٣ - ١ النظم الخبيرة (Expert Systems (ES)) ---------- ٣٩
١ - ١٣ - ٢ معالجة اللغات الحية (Natural Language Processing) ---------- ٤١
١ - ١٣ - ٣ التعرف على الكلام (Speech Recognition) ---------- ٤٢
١ - ١٣ - ٤ الرؤية بالحاسب (Computer Vision) ---------- ٤٢
١ - ١٣ - ٥ البرمجة الآلية (Automatic Programming) ---------- ٤٢
١ - ١٣ - ٦ الإنسان الآلي (Robot) ---------- ٤٣
١ - ١٤ حاسبات الجيل الخامس ---------- ٤٤

الفصل الثانى " تمثيل المشاكل ووسائل حلها " ---------- ٤٧

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
٢ - ٢	أسلوب الإنسان فى حل المشكلة	٥١
٢ - ٣	حل المشكلة باستخدام نظم الذكاء الإصطناعى	٥٣
٢ - ٤	تمثيل المشكلة فى الذكاء الإصطناعى	٥٦
٢ - ٥	طرق البحث العشوائى (الأعمى)	٥٨
٢ - ٦	طرق الحدس	٥٩
٢ - ٧	مثال لعملية بحث	٦٢
	الجزء الثانى " هندسة المعرفة (Knowledge Engineering) "	٦٥
	مقدمة	٦٧
	الفصل الثالث " إكتساب المعرفة (Knowledge Acquisition and Validation) "	٦٩
٣ - ١	هندسة المعرفة (Knowledge Engineering)	٧١
٣ - ١ - ١	عملية هندسة المعرفة	٧٢
٣ - ١ - ٢	مجال المعرفة (Scope of Knowledge)	٧٣
٣ - ١ - ٣	مصادر المعرفة (Sources of Knowledge)	٧٣
٣ - ١ - ٤	مستويات المعرفة (Levels of Knowlege)	٧٤
٣ - ١ - ٥	أصناف المعرفة (Categoris of Knowledge)	٧٦
٣ - ٢	مصاعب إكتساب المعرفة	٧٧
٣ - ٢ - ١	المشاكل المصاحبة لنقل المعرفة	٧٧
٣ - ٢ - ٢	التغلب على المصاعب المصاحبة لنقل المعرفة	٧٩
٣ - ٣	المهارات المطلوبة لمهندسى المعرفة	٧٩
٣ - ٤	خطوات إكتساب المعرفة	٨٠
٣ - ٥	نظرة عامة على طرق إكتساب المعرفة	٨٢
٣ - ٦	المقابلات (Interviews)	٨٣
٣ - ٦ - ١	المقابلات غير المبنية (Unstructured Interviews)	٨٤
٣ - ٦ - ٢	المقابلات المبنية (Structured Interviews)	٨٥
٣ - ٧	طريقة التتبع (Tracking Method)	٨٦
٣ - ٨	الملاحظات (Oscervations)	٨٦
٣ - ٩	طرق يدوية أخرى	٨٧
٣ - ١٠	الطرق المعتمدة على الخبير	٨٨
٣ - ١٠ - ١	الطريقة اليدوية " التقرير الشخصى للخبير "	٨٨

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

٣ - ١٠ - ٢ طرق الإكتساب بمعاونة الحاسب ---------------------- ٨٩
٣ - ١١ دعم مهندس المعرفة ---------------------------------- ٨٩
٣ - ١١ - ١ الأدوات المساعدة لاكتساب المعرفة ------------------ ٩١
٣ - ١١ - ٢ الأدوات المساعدة المتكاملة ------------------------- ٩١
٣ - ١٢ الإستقراء (Induction) --------------------------------- ٩٢
٣ - ١٣ إختيار الطريقة المناسبة ---------------------------------- ٩٤
٣ - ١٤ تحقيق وتدقيق قاعدة المعرفة ----------------------------- ٩٦
٣ - ١٥ إكتساب المعرفة العددية والوثائقية -------------------------- ٩٧

الفصل الرابع " تمثيل المعرفة " (Knowledge Representation) ---------- ٩٩

٤ - ١ مقدمة --- ١٠١
٤ - ٢ التمثيل المنطقى (Representation in Logic) ---------------- ١٠٢
٤ - ٣ الشبكات الدلالية (Semantic Networks) --------------------- ١٠٥
٤ - ٤ القوائم والأشجار (Lists and Trees) ------------------------ ١١٠
٤ - ٥ قواعد الإنتاج (Production Rules) -------------------------- ١١٢
٤ - ٦ الأطر أو الهياكل (Frames) -------------------------------- ١١٥

الفصل الخامس " الاستدلال والشرح " (Inference and Explanation) -------- ١٢١

٥ - ١ مقدمة --- ١٢٣
٥ - ٢ فئات الإستنتاج (Categories of Reasoning) ------------------ ١٢٤
٥ - ٢ - ١ الإستنتاج الإستنباطى (Deductive Reasoning) ------------ ١٢٤
٥ - ٢ - ٢ الإستنتاج الإستقرائى (Inductive Reasoning) ------------ ١٢٤
٥ - ٢ - ٣ الإستنتاج التناظرى (Analogical Reasoning) ------------ ١٢٥
٥ - ٣ التسلسل المتقدم (Forward Chaining) ---------------------- ١٢٦
٥ - ٤ التسلسل الراجع (Backward Chaining) ---------------------- ١٣٣
٥ - ٥ مقارنة التسلسل المتقدم مقابل التسلسل الراجع ----------------- ١٣٧
٥ - ٦ شجرة الإستدلال (The Inference Tree) --------------------- ١٣٨
٥ - ٧ الشرح (Explanation) ------------------------------------ ١٤٠

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

الفصل السادس " عدم الصداقية (Uncertainty) " ---------- ١٤٣

٦ - ١ مقدمة ---------- ١٤٥
٦ - ٢ طرق معالجة عدم الثقة ---------- ١٤٥
٦ - ٣ تمثيل عدم الثقة (Representation of Uncertainty) ---------- ١٤٨
٦ - ٣ - ١ التمثيل العددى (Numeric Representation) ---------- ١٤٨
٦ - ٣ - ٢ التمثيل الجرافيكى (Graphic Representation) ---------- ١٤٩
٦ - ٣ - ٣ التمثيل الرمزى (Symbolic Representation) ---------- ١٥٠
٦ - ٤ الإحتمالات ونظرية بايزيان (Probabilities and Bayesian Approach) ---------- ١٥١
٦ - ٥ نظرية الدليل لديمبستر وشيفر ---------- ١٥٣
٦ - ٦ معاملات الثقة (Certainty Factors) ---------- ١٥٣
٦ - ٦ - ١ ضم عدد من معاملات الثقة فى قاعدة واحدة ---------- ١٥٤
٦ - ٦ - ٢ ضم قاعدتين أو أكثر ---------- ١٥٥
٦ - ٧ منطق فازى (Fuzzy Logic) ---------- ١٥٦

الجزء الثالث " تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى وأدوات بنائها " ---------- ١٥٩

مقدمة ---------- ١٦١

الفصل السابع " تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى (Implementing AI Systems) ---------- ١٦٥

٧ - ١ مقدمة ---------- ١٦٧
٧ - ٢ مقاييس نجاح وفشل عملية التنفيذ ---------- ١٦٧
٧ - ٣ نماذج لعمليات التنفيذ ---------- ١٦٨
٧ - ٣ - ١ عوامل فنية (Technical Factors) ---------- ١٦٨
٧ - ٣ - ٢ عوامل سلوكية (Behavioral Factors) ---------- ١٧٠
٧ - ٣ - ٣ إشراك المستخدم وتدريبه ---------- ١٧١
٧ - ٣ - ٤ البيئة الخارجية (External Environment) ---------- ١٧١
٧ - ٣ - ٥ عوامل خاصة بالمشروع ---------- ١٧٢
٧ - ٤ مثال لأحد التراكيب التنظيمية لنظم الذكاء الإصطناعى ---------- ١٧٢

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	الفصل الثامن " لغـــة ليســب (LISP)"	١٧٥
٨ - ١	نبــذة تاريخية	١٧٧
٨ - ٢	مفردات لغة ليسب (LIST Vocabulary)	١٧٨
٨ - ٢ - ١	طبيعة اللغـــة	١٧٨
٨ - ٢ - ٢	تركيب البرنامج (Program Structure)	١٧٩
٨ - ٢ - ٣	العمليات الرياضية	١٨١
٨ - ٢ - ٤	العمليات على القوائم (List Operations)	١٨٣
٨ - ٢ - ٥	دوال التقييم والدوال المعرفة بواسطة المستخدم	١٩٠
٨ - ٢ - ٦	الدوال الشرطية (Conditional Function)	١٩٣
٨ - ٢ - ٧	الإستدعاء الذاتي (Recursion)	١٩٧
	الفصل التاسع " لغـــة برولوج (PROLOG) "	١٩٩
٩ - ١	كيفية الاعلان عن الحقائق والسؤال عنها	٢٠٢
٩ - ١ - ١	الثوابت والمتغيرات	٢٠٤
٩ - ١ - ٢	التراكيــب (Structures)	٢٠٥
٩ - ٢	البحث الراجع (Backtracking)	٢٠٦
٩ - ٣	اضافة القواعد الى قاعدة البيانات	٢٠٨
٩ - ٤	العمليات الرياضية (Arithmetic Operations)	٢١١
٩ - ٥	القوائم (Lists)	٢١٢
٩ - ٦	معامل القطع للبحث الراجع	٢١٣
٩ - ٧	كتابة البرامج	٢١٤
	الجزء الرابع " النظم الخبيرة "	٢٢١
	مقدمة	٢٢٣
	الفصل العاشر " نظرة عامة على النظم الخبيرة "	٢٢٥
١٠ - ١	نبذة تاريخية	٢٢٧
١٠ - ٢	هندسة المعرفة (Knowledge Engineering)	٢٢٨

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

١٠ - ٣ المقومات الأساسية للنظم الخبيرة ---------------------------- ٢٢٩
١٠ - ٤ العناصر الأساسية فى بناء النظام الخبير ------------------------- ٢٣٠
١٠ - ٥ الخصائص الأساسية للنظام الخبير --------------------------------- ٢٣٢
١٠ - ٥ - ١ الخبرة (Expertise) ------------------------------------ ٢٣٣
١٠ - ٥ - ٢ الإستنتاج المنطقى المرمز ------------------------------ ٢٣٤
١٠ - ٥ - ٣ العمـق (Depth) ------------------------------------ ٢٣٥
١٠ - ٥ - ٤ المعرفة الذاتية (Self - Knowledge) ------------------- ٢٣٥
١٠ - ٦ الفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية ---------------- ٢٣٦
١٠ - ٧ الأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة -------------------------------- ٢٣٦
١٠ - ٨ أهــم مجالات التطبيق للنظم الخبيرة ---------------------------- ٢٤٢
١٠ - ٩ مثال لنظام خبير أثناء التشغيل ---------------------------------- ٢٤٨

الفصل الحادى عشر " بناء النظم الخبير (Building EXpert System)" ------------ ٢٥٣

١١ - ١ المكونات الأساسية للنظام الخبير ------------------------------ ٢٥٥
١١ - ٢ مراحل بناء النظام الخبير ------------------------------------ ٢٥٩
١١ - ٣ المرحلة الأولى : بداية المشروع ------------------------------ ٢٦٠
١١ - ٣ - ١ تحديد المشكلة وتقديم المساعدات المطلوبة ------------------ ٢٦٢
١١ - ٣ - ٢ تقييم الحلول البديلة ---------------------------------- ٢٦٢
١١ - ٣ - ٣ التحقق من النظام الخبير كحل أمثل ------------------------ ٢٦٣
١١ - ٣ - ٤ بعض الإعتبارات الإدارية ------------------------------- ٢٦٨
١١ - ٤ المرحلة الثانية : تحليل وتصميم النظام ------------------------- ٢٦٨
١١ - ٤ - ١ التصميم المفهومى للنظام ------------------------------- ٢٦٩
١١ - ٤ - ٢ إستراتيجية تطوير النظام الخبير --------------------------- ٢٦٩
١١ - ٤ - ٣ مصادر المعرفة (Sources of Knowledge) ------------------ ٢٦٩
١١ - ٤ - ٤ اختيار الموارد الحاسبية --------------------------------- ٢٧٠
١١ - ٤ - ٥ دراسة الجدوى (Feasibility Study) --------------------- ٢٧١
١١ - ٤ - ٦ دراسة التكلفة فى ضوء الفوائد المتوقعة -------------------- ٢٧١
١١ - ٥ المرحلة الثالثة : النموذج المبدئى ----------------------------- ٢٧٣
١١ - ٦ المرحلة الرابعة : تطوير النظام -------------------------------- ٢٧٥
١١ - ٦ - ١ بناء قاعدة المعرفة ----------------------------------- ٢٧٦
١١ - ٦ - ٢ اختبار وتحقيق وتصحيح وتحسين النظام --------------------- ٢٧٧

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
١١ - ٧	المرحلة الخامسة : التنفيذ (Implementation)	٢٧٨
١١ - ٨	المرحلة السادسة : مابعد التنفيذ (Post Implementation)	٢٨٠
١١ - ٩	إعداد فريق التطوير	٢٨٢
١١ - ١٠	اختيار أداة بناء النظام الخبير	٢٨٣
١١ - ١١	إكتساب المعرفة من الخبراء	٢٨٦
١١ - ١٢	البحث عن خبير المجال	٢٨٨
١١، - ١٣،	مساعدات إكتساب المعرفة	٢٨٩
١١ - ١٤	مثال لسيناريو بناء النظام الخبير	٢٩١
	الفصل الثانى عشر " أمثلة عملية للنظم الخبيرة "	٣٠١
١٢ - ١	بعض النظم الخبيرة فى مجال الطب	٣٠٣
١٢ - ٢	بعض النظم الخبيرة فى مجال الهندسة	٣١٠
١٢ - ٣	بعض النظم الخبيرة فى مجال الزراعة	٣١٢
١٢ - ٤	بعض النظم الخبيرة فى مجال الجيولوجيا	٣١٢
١٢ - ٥	بعض النظم الخبيرة فى مجال الصناعة	٣١٤
١٢ - ٦	بعض النظم الخبيرة فى مجال الإلكترونيات	٣١٥
١٢ - ٧	بعض النظم الخبيرة فى مجال القانون	٣١٧
١٢ - ٨	بعض النظم الخبيرة فى مجال نظم الحاسب	٣١٩
١٢ - ٩	بعض النظم الخبيرة فى مجال الفيزياء	٣٢١
١٢ - ١٠	بعض النظم الخبيرة فى مجال تكنولوجيا الفضاء	٣٢١
١٢ - ١١	بعض النظم الخبيرة فى مجال الكيمياء	٣٢٣
١٢ - ١٢	بعض النظم الخبيرة فى المجال الحربى	٣٢٥
	الجزء الخامس " تقنيات نظم الذكاء الإصطناعى (AI Technologies) "	٣٣١
	مقدمة	٣٣٣
	الفصل الثالث عشر " فهم اللغات الحية وطرق معالتها "	٣٣٥
١٣ - ١	المشاكل المصاحبة لفهم اللغة	٣٣٧
١٣ - ٢	شبكات الإنتقال التكرارى	٣٣٩

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

١٣ - ٣ طرق معالجة اللغات الحية -- ٣٤٢

١٣ - ٣ - ١ تحليل الكلمة المفتاح (Key Word Analysis) ------------ ٣٤٢
١٣ - ٣ - ٢ التحليل اللفظى (Semantic Analysis) ---------------- ٣٤٤
١٣ - ٤ أهمية فهم الحاسب للغة الحية ---------------------------------- ٣٤٦
١٣ - ٤ - ١ بيئة إتصال بين الحاسب والمستخدم --------------------- ٣٤٦
١٣ - ٤ - ٢ الإتصال بالنظم الخبيرة ---------------------------------- ٣٤٧
١٣ - ٤ - ٣ فهم النصوص -- ٣٤٨
١٣ - ٤ - ٤ الترجمة الآلية -- ٣٤٨

الفصل الرابع عشر " الرؤية بالحاسب (Computer Vision) " ---------------- ٣٤٩

١٤ - ١ إكتساب الصورة (Image Acquisition) -------------------------- ٣٥١
١٤ - ١ - ١ كاميرات الفيديو (Video Cameras) ---------------- ٣٥٢
١٤ - ١ - ٢ التحويل من تناظرى إلى رقمى ------------------------- ٣٥٥
١٤ - ٢ معالجة الصورة (Image Processing) ------------------------- ٣٥٨
١٤ - ٢ - ١ مرحلة ماقبل المعالجة (Proprocessing) -------------- ٣٥٨
١٤ - ٢ - ٢ تقليل التداخل (Noise Reduction) ------------------ ٣٥٩
١٤ - ٢ - ٣ تعديل مستوى اللون الرمادى (Gray Scale Modifications) - ٣٥٩
١٤ - ٣ تحليل الصورة (Image Analysis) ------------------------------ ٣٦٠
١٤ - ٤ فهم الصورة (Image Understanding) ------------------------- ٣٦٠

الفصل الخامس عشر " التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى " ------------ ٣٦٢

١٥ - ١ معالجة الكلام -- ٣٦٥
١٥ - ١ - ١ كيفية التعرف على الكلام ---------------------------------- ٣٦٥
١٥ - ١ - ٢ تحليل الكلام -- ٣٦٨
١٥ - ١ - ٣ فهم الكلام --- ٣٦٩
١٥ - ١ - ٤ مميزات التعرف على الكلام -------------------------------- ٣٦٩
١٥ - ٢ الإنســـــان الآلـــى (Robot) ---------------------------------- ٣٧٠
١٥ - ٢ - ١ أجزاء الانسان الآلى -- ٣٧١
١٥ - ٢ - ٢ التحكم فى الانسان الآلى ---------------------------------- ٣٧٥
١٥ - ٢ - ٣ الانسان الآلى الذكى ------------------------------------- ٣٧٧

مسلسل | الموضوع | رقم الصفحة

١٥ - ٢ - ٤ الانسان الآلى المتحرك ---------------------------- ٣٧٩

الجزء السادس " الشبكات العصبية " ---------------------------- ٣٨١

مقدمـــة -- ٣٨٣

الفصل السادس عشر " نظرة عامة على الشبكات العصبية " -------------------- ٣٨٥

١٦ - ١ الشبكات العصبية الطبيعية (Biological Neural Networks) ----------- ٣٨٧
١٦ - ٢ الشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks) --------- ٣٨٧
١٦ - ٣ مكونات الشبكات العصبية الصناعية ---------------------------- ٣٨٩
١٦ - ٤ معالجة المعلومات فى الشبكات الإصطناعية ---------------------- ٣٩٠

الفصل السابع عشر " معمارية الشبكة العصبية الإصطناعيـة " ------------------ ٣٩٥

١٧ - ١ الشبكات العصبية الإصطناعية -------------------------------- ٣٩٧
١٧ - ٢ الخصائص العامة للشبكات العصبية الإصطناعية --------------------- ٣٩٧
١٧ - ٢ - ١ طوبولوجية الشبكة (Network Topology) ------------------- ٣٩٨
١٧ - ٢ - ٢ طبيعة عملية تذكر المعلومات ------------------------------ ٤٠١
١٧ - ٢ - ٣ طبيعة المدخلات -- ٤٠٢
١٧ - ٢ - ٤ طبيعة إنتشار الإنتشارة ------------------------------------ ٤٠٢
١٧ - ٣ النظم المختلفة لتعليم الشبكات -------------------------------- ٤٠٥
١٧ - ٣ - ١ التعليم الموجه للشبكات العصبية الصناعية --------------------- ٤٠٦
١٧ - ٣ - ٢ التعلم الذاتى (غير الموجه) للشبكات العصبية الإصطناعية --- ٤١٠

الفصل الثامن عشر " تطوير الشبكات العصبية الصناعية " -------------------- ٤١٣

١٨ - ١ بيئة التطوير (Development Environment) ---------------------- ٤١٥
١٨ - ٢ خطوات عملية تطوير الشبكات الإصطناعية ------------------------ ٤١٥
١٨ - ٢ - ١ تجميع وإعداد البيانات ---------------------------------- ٤١٧
١٨ - ٢ - ٢ تراكيب الشبكة --- ٤١٨
١٨ - ٢ - ٣ الإعداد (التجهيز) -------------------------------------- ٤١٩

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

١٨ - ٢ - ٤ تدريب الشبكة ---------- ٤٢٠
١٨ - ٢ - ٥ خوارزميات التعليم ---------- ٤٢٠
١٨ - ٢ - ٦ الإنتشار الخلفى ---------- ٤٢٣
١٨ - ٢ - ٧ الإختيار ---------- ٤٢٤
١٨ - ٢ - ٨ التنفيــذ ---------- ٤٢٥
١٨ - ٣ بعض نماذج الشبكات العصبية الصناعية ---------- ٤٢٦
١٨ - ٣ - ١ نموذج هوبفيلد (J. Hopfield) ---------- ٤٢٦
١٨ - ٣ - ٢ نموذج بولتزمان ---------- ٤٣٣
١٨ - ٤ برمجة الشبكات العصبية (Programming Neural Networks) ---------- ٤٣٩
١٨ - ٥ المكونات المادية للشبكات العصبية (Neural Network Hardware) --- ٤٣٩
١٨ - ٦ فوائد الشبكات العصبية ---------- ٤٤٠
١٨ - ٧ القيود على الشبكات العصبية ---------- ٤٤١
١٨ - ٨ الشبكات العصبية والنظم الخبيرة ---------- ٤٤٢
١٨ - ٩ أمثلة لبعض استخدامات الشبكات العصبية الإصطناعية ---------- ٤٤٣
١٨ - ١٠ تكامل الشبكات العصبية والنظم الخبيرة ---------- ٤٤٧
١٨ - ١١ كيف تبنى شبكة عصبية صناعية ---------- ٤٤٨
١٨ - ١١ - ١ الهيكل التنظيمى للبرنامج ---------- ٤٤٩
١٨ - ١١ - ٢ استخدام برنامج (Neural.Net) فى التعرف على صور الأرقام العربية ---------- ٤٥٥

الفصل التاسع عشر " التطبيقات العملية للشبكات العصبية الإصطناعية " ---------- ٤٥٩

١٩ - ١ مقدمــــة ---------- ٤٦١
١٩ - ٢ التطبيقات الإقتصادية والمالية ---------- ٤٦٥
١٩ - ٣ تطبيقات تحليل الصور (Image Analysis Application) ---------- ٤٦٦
١٩ - ٤ تطبيقات التشخيص (Diagnosis Applications) ---------- ٤٦٩
١٩ - ٥ تطبيقات التحكم الآلى (Automated Control Applications) ---------- ٤٧٠
١٩ - ٦ تطبيقات معالجة اللغات الطبيعية ---------- ٤٧٣
١٩ - ٧ تطبيقات أخرى ---------- ٤٧٥

الفصل العشرون " الإتجاهات المستقبلية " ---------- ٤٧٩

٢٠ - ١ الآفــاق والحـدود ---------- ٤٨١

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة

٢٠ - ٢ النظم العصبية الضوئية -- ٤٨٢

٢٠ - ٣ الحوسبة فى المستقبل : رؤية شاملة ---------------------------------- ٤٨٥

٢٠ - ٤ أمثلة لبعض مكونات نظم الحوسبة العصبية الحسية ------------------------ ٤٨٧

الملاحق -- ٤٩١

ملحق (١) معمارية السبورة -- ٤٩٣

ملحق (٢) قائمة المصطلحات --

ملحق (٢) قائمة المراجع --



١

الجزء الأول

الذكاء الإصطناعى



مقدمة

يتضح يوما بعد يوم تشابك وتداخل فروع المعرفة المختلفة وتزايد عمليات التأثير والتأثر بينها. ولذلك أصبح من المستحيل فى بعض الأحيان إحراز تقدم فى أحد المجالات دون الإستفادة من نتائج البحث فى المجالات الأخرى.ويلاحظ المتتبع للبحث العلمى فى السنوات الأخيرة إتجاها هاما فى مسار البحث وهو التعددية (Multidisciplinary Approach) ، ولهذا لم يعد البحث العلمى مجهودا فرديا ذاتيا يقوم به أحد العلماء أو مجموعة من العلماء من تخصص واحد، بل أصبح نشاطا جماعيا بالدرجة الأولى. وتكونت فرق البحث العلمى من علماء من تخصصات مختلفة لممارسة الأبحاث التعددية وضمان النظرة الشاملة. وأصبح من الطبيعى أن نجد علماء الرياضيات والطبيعة والعلوم الإنسانية والحاسب الآلى يعملون كفريق واحد.

والذكاء الإصطناعى هو أحد العلوم الجديدة التى نشأت فى ظل هذا الإتجاه وهو أحد علوم الحاسب الفرعية التى تهتم بإنشاء برمجيات ومكونات مادية قادرة على محاكاة السلوك البشرى. وكما هو معروف فللحاسبات قدرة على محاكاة بعض قدرات العقل البشرى مثل إجراء العمليات الحسابية ، معالجة الأرقام والحروف ، إتخاذ بعض القرارات البسيطة بالإضافة إلى القدرة الفائقة على تخزين واسترجاع المعلومات. وعلم الذكاء الاصطناعى يهدف إلى محاكاة بعض عمليات الإدراك والإستنتاج المنطقى التى يجيدها الإنسان بشكل آلى وسرعة عالية كذلك إنجاز العديد من المهام الصعبة والمعقدة التى كانت تتم يدويا وذلك باستخدام تقنيات الذكاء الإصطناعى المتقدمة. وهذه التقنيات يمكن أن تتكامل مع نظم المعلومات المبنية على الحاسب (Computer - Based Information Systems) لزيادة قدرات الحاسبات وتوسيع نطاق التطبيقات التى تتم باستخدام الحاسب.

وقد شهدت السنوات السابقة إهتماما كبيرا بالذكاء الإصطناعى التطبيقى وكان لذلك أكبر الأثر على تغيير الهيكل التنظيمى لهيئات عديدة وارتفاع مستوى الإدارة فيها. كما ساهم الذكاء الإصطناعى فى تطوير العديد من المجالات مثل النظم الخبيرة ومعالجة اللغات الحية والتعرف على الكلام المنطوق والرؤية بالحاسب والبرمجة الآلية والإنسان الآلى بالإضافة إلى مجالات أخرى عديدة. كما أن النظم الخبيرة - التى تعتبر أهم تطبيقات الذكاء الإصطناعى - أصبحت موجودة ومطبقة فى مختلف المجالات والتى تشمل الطب والهندسة والزراعة والجيولوجيا والصناعة والإلكترونيات والقانون ونظم الحاسب والفيزياء وتكنولوجيا الفضاء والكيمياء والمجال الحربى.

وقد أصبح الإهتمام بالذكاء الإصطناعى مثار إهتمام العالم المتقدم ، ففى يونيو ١٩٨٢ طرحت اليابان برنامجها لإنتاج ما أطلقت عليه نظام الجيل الخامس للحاسبات ، وهو نظام لمعالجة المعلومات والمعرفة (Knowledge-Information Processing System "KIPS") ، كما بدأت اليابان فى بداية ١٩٨٣ مشروعا لإنتاج روبوت يمثل جيلا متقدما عن الأجيال الموجودة حاليا ويكون لديه القدرة على اتخاذ القرار الذاتى ، ويعتمد القائمون على هذا المشروع إلى حد كبير على العديد من نتائج مشروع الجيل الخامس للحاسبات. كما بدأت بريطانيا مشروعا قوميا للذكاء الإصطناعى سمى بمشروع " ألفى ". كما بدأت السوق الأوربية المشتركة مشروعا يسمى " اسبريت "(ESPRIT). كما أن هناك العديد من الإستثمارات فى هذا المجال من دول أخرى مثل المانيا وفرنسا واستراليا وكندا وايطاليا والاتحاد السوفيتى (سابقا). أما فى أمريكا ، ففى عام ١٩٨٣ تم إنشاء إتحاد بين مجموعة من الشركات الصناعية الكبرى فى مجال الإلكترونيات الدقيقة والحاسبات لإنتاج تقنيات جديدة ومتقدمة للحاسبات تستخدم التقنيات الخاصة بالذكاء الإصطناعى. وعلى المستوى الحكومى ، قامت هيئة علوم الدفاع (Defense Science Board) بتصنيف وترتيب الذكاء الإصطناعى ضمن العشرة تقنيات العسكرية التى تتربع على القمة خلال الثمانينات وأوائل التسعينات. وقامت وكالة البحوث لوزارة الدفاع الأمريكية ببدء مشروع سوبر كمبيوتر مؤسس على التقنيات الخاصة بالذكاء الإصطناعى.

ويركز الجزء الأول من هذا الكتاب فى فصله الأول على تقديم نظرة عامة على الذكاء الإصطناعى تشمل مختلف التعريفات التى وضعت له بواسطة العلماء المتخصصين. كما يوضح هذا الفصل الفروق الأساسية بين الحاسب ومخ الإنسان مع شرح أهم الأشياء التى يتميز بها كل منهما عن الآخر. ويوضح هذا الفصل أيضا أهم مجالات تطبيق الذكاء الإصطناعى والتى تشمل النظم الخبيرة ومعالجة اللغات الحية والتعرف على الكلام المنطوق والرؤية بالحاسب والبرمجة الآلية والإنسان الآلى. وفى الفصل الثانى من هذا الجزء يتم توضيح وسائل حل المشاكل والفرق بين تناول الإنسان لهذه المشاكل وتناول نظم الذكاء الإصطناعى لها والتقنيات المختلفة المستخدمة فى تمثيل المشكلة وكذلك فى البحث عن الحل.

الفصل الأول

نظرة عامة



١ - ١ ما هو الذكاء الإصطناعى ؟

يختلف علماء الذكاء الاصطناعى فى تعريفهم لهذا العلم. ويساعد على هذا الإختلاف أن مفهومنا لما يمكن أن يشكل الذكاء بصفة عامة مازال غامضا وتعريف الذكاء البشرى يشوبه الكثير من عدم الدقة. وأكثر القياسات المعيارية لمعرفة مدى الذكاء البشرى والتى تلقى قبولا واسعا هى ما يعرف بحاصل الذكاء (Intelligence Quotient (IQ)) ولكن مصداقية هذا المعيار كتقييم وقياس فعلى وحقيقى لذكاء شخص ما يشوبها الكثير من الخلاف والجدل. ولذلك فليس من المستغرب أن يكون التعريف الخاص بذكاء الآلة وهو ما يتعرض له الذكاء الإصطناعى يشوبه الخلاف والجدل. ورغم اختلاف العلماء فى تعريف الذكاء الإصطناعى فقد اتفق معظم الخبراء على أن مفهومه ينحصر فى أنه أحد مجالات الدراسة والتى تهتم أساسا بتصميم وبرمجة الحاسبات لتحقيق مهام وأعمال تحتاج من البشر عادة إلى استخدام ذكائهم للقيام بها. كما أن للذكاء الإصطناعى هدفا آخر يعتبره بعض العلماء هدفا ثانويا وهو محاولة تفهم كيف يفكر الانسان وذلك لإعداد البرامج التى تشكل وتصوغ بعض السمات الهامة لعمليات الإدراك عند البشر.

ومن بين مزايا الذكاء الاصطناعى فى هذا المجال أنه يحاول محاكاة بعض عمليات الإدراك التى يجيدها الإنسان دون تعليم أو تدريب ويقوم بها بشكل آلى دون أدنى تفكير مثل الإبصار والسمع والكلام والحركة المتوازنة الرشيقة ، وهى تمثل تحديا حقيقيا لعلماء الذكاء الإصطناعى. ورغم أن كلا من علم الذكاء الإصطناعى وعلم النفس يسعى لفهم القدرات العقلية للإنسان إلا أن ما يميز الذكاء الإصطناعى هو منهجيته فى تحقيق أهدافه فى هذا المجال والتى تتركز فى عملية المحاكاة عن طريق كتابة برامج للحاسب الآلى وملاحظة سلوكها وتعديلها. ولم يتم إدراك مدى تعقيد بعض الأنشطة البشرية مثل فهم الكلام المسموع وتمييز الأشكال المرئية وغيرها إلا عندما شرع علماء الذكاء الإصطناعى فى كتابة برامج لمحاكاتها فقد أدركوا حينذاك أننا لا نعرف إلا القليل من أسرار هذه الأنشطة العقلية ، وكان ذلك دعوة للعلماء المعنيين لإجراء مزيد من البحث لفهم أسرار هذه القدرات. ولذلك فقد أدخل مفهوم الذكاء الإصطناعى الفلاسفة وعلماء النفس وعلماء الرياضيات والمهندسين من مختلف التخصصات ، ثم رجال الإقتصاد وخبراء التنمية ، فى حلبة نقاش محموم يدور منذ عدة سنوات ولا يبدو أنه سيهدأ لسنوات قادمة.

وللإجابة على السؤال (ما هو الذكاء الإصطناعى ؟) نذكر التعريفات المختلفة التى وضعها الخبراء والتى عن طريقها يمكن التعرف على مكونات الذكاء الإصطناعى والإتجاهات البحثية فى هذا المجال.

١ - ٢ تعريف الذكاء الإصطناعى

هناك العديد من التعريفات للذكاء الإصطناعى نذكر منها الآتى :

" الذكاء الإصطناعى هو دراسة كيفية توجيه الحاسب لأداء أشياء يؤديها الإنسان بطريقة أفضل. " إيلين ريتش (Elaine Rich).

" إن هدف الذكاء الإصطناعى هو بناء آلات قادرة على القيام بالمهام التى تتطلب الذكاء البشرى." نيلز نيلسون (Nils Nilsson).

" إن هدف الأبحاث فى مجال الذكاء الإصطناعى هو بناء برمجيات قادرة على أداء سلوكيات توصف بالذكاء عند قيام الإنسان بها. " إدوارد فيجنبوم (Edward Feigenbaum).

" الذكاء الإصطناعى هو إسم جمالى يطلق على المشاكل التى يصعب حلها باستخدام الحاسب. " دونالد ميتشى (Donald Michie).

"الذكاء الإصطناعى هو العلم القادر على بناء آلات تؤدى مهاما تتطلب قدرا من الذكاء البشرى عندما يقوم بها الإنسان." مارفن منسكى (Marvin Minsky).

" الذكاء الإصطناعى هو قدرة الآلة على القيام بالمهام التى تحتاج للذكاء البشرى عند أدائها مثل الإستنتاج المنطقى والتعلم والقدرة على التعليل. " مارتن ويك (Martin Weik).

ويتميز الذكاء الإنسانى بوجود قدرات خاصة تتلخص فى الآتى :

١ - إكتساب المعلومات والقدرة على التعلم والفهم من خلال الممارسة الفعلية والتطبيق العلمى والخبرة المكتسبة ويؤدى ذلك إلى التمييز الدقيق بين القضايا والتوصل إلى العموميات من الجزئيات واستبعاد المعلومات غير المناسبة.

٢ - القدرة على الإستجابة بمرونة تامة وسرعة لمختلف المواقف مع عدم الإنحياز الخاطىء بمعنى أن الإنسان ليس مقيدا باتباع سلوك معين عند تعرضه لنفس الموقف بطريقة تكرارية مشابهة لأن ذلك يعد سلوكا آليا ونمطيا وليس سلوكا ذكيا.

٣ - القدرة على اتخاذ القرارات الصحيحة بناء على الإدراك الحسى والعقلى لجوانب المشكلة والإحتمالات الواردة ونتائج كل هذه الإحتمالات ومعرفة النتائج المنشودة وأفضل القرارات التى تؤدى إلى تحقيق هذه النتائج.

٤- القدرة على استنباط القوانين العامة من الأمثلة المحدودة ومعرفة جوهر الأشياء وذلك بالتمييز بين أنواع المعلومات المختلفة.

٥- القدرة على اكتساب المعرفة واستخدامها فى حل المشاكل والقضايا التى يتصدى لها الإنسان جنبا إلى جنب مع خبرته فى الحياة وتقديره للمواقف.

٦- نقل التجربة والخبرة الذاتية إلى مواقف ومجالات جديدة للتعرف على أوجه التشابه فى هذه المواقف والتعامل معها.

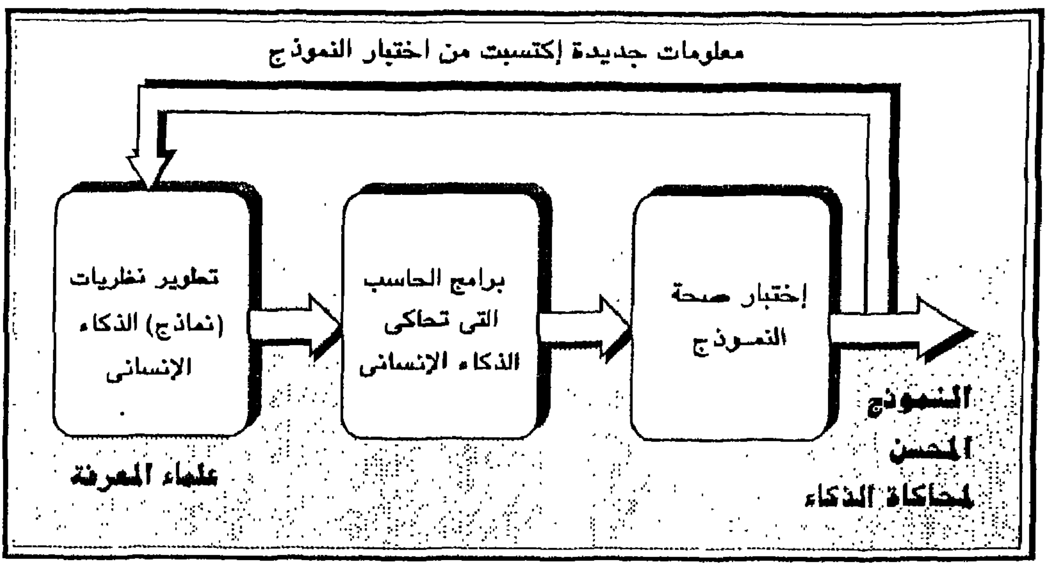
٧- القدرة على اكتشاف الأخطاء وتصحيحها وصولا إلى تحسين الأداء فى المستقبل.

٨- القدرة على فهم وتحليل المواقف الغامضة وغير التقليدية باستخدام أسلوب الإستنتاج المنطقى كذلك القدرة على ربطها بالمواقف المشابهة.

وهذه القدرات أو بعضها والتى يكتسبها الإنسان أو تكون موجودة بالفطرة تعد من أصعب الأشياء التى يمكن محاكاتها باستخدام الحاسب. من هنا ظهرت الحاجة إلى علم الذكاء الإصطناعى والذى يهدف إلى بناء آلة قادرة على محاكاة الذكاء البشرى باستخدام برمجيات متطورة للقيام بمهام عديدة تحتاج إلى الذكاء البشرى للقيام بها. أما المهام النمطية التى يمكن وصفها جيدا والتى قد تتطلب من الإنسان جهدا ذهنيا وتفكيرا عميقا فى خطوات الحل فقد تم برمجتها على الحاسب بسهولة وظهرت فى صورة العديد من التطبيقات فى مجالات الحياة المختلفة.وتكمن صعوبة محاكاة الذكاء البشرى فى عدم القدرة على وضع تصور دقيق لكيفية قيام الإنسان بأحد الأفعال الذكية. فمثلا هل يمكنك وصف كيفية نقل العلامات والرموز الكتابية إلى معلومات فى مخ الإنسان ؟ هل يمكنك وصف الخطوات الذهنية التى يقوم بها الإنسان لاسترجاع بعض هذه المعلومات بعد فترة معينة من الزمن ؟.

من هنا نشأ علم الإدراك (Cognitive Science) أو علم المعرفة وهو أحد علوم الذكاء الإصناعى. ويستخدم علماء الذكاء الإصطناعى تقنيات عديدة للإرتقاء بمستوى ذكاء الحاسب منها النمذجة (Modeling) أو المحاكاة (Simulation) للحصول على نماذج للذكاء البشرى يمكن برمجتها.

ويوضح الشكل (١-١) أسلوب التغذية العكسية (Feedback) للحصول على أفضل النماذج التى تحاكى الذكاء الإنسانى. وفى هذه التقنية يقوم علماء الذكاء الإصطناعى باختيار البرامج التى وضعت للحاسب لتحاكى الذكاء الانسانى باستخدام النماذج الموضوعة بواسطة علماء المعرفة. ومن ثم يقوم علماء المعرفة بتصحيح وتقليل الأخطاء الموجودة بهذه النماذج إلى أن يتم الوصول إلى أفضلها. وتعتمد نماذج المحاكاة الموضوعة بواسطة علماء المعرفة فى بنائها على المعرفة التامة بقدرات كل من الانسان والحاسب والمواطن التى يتفوق كل منهما على الآخر فيها.



شكل (١-١)

١ - ٣ ما يؤديه الحاسب أفضل من الإنسان

هناك أشياء يتميز بها الحاسب عن العقل البشرى وبمعنى أوضح هناك أعمال روتينية يستطيع الحاسب أن يؤديها أفضل من الإنسان والأجزاء التالية توضح بعض هذه الأعمال.

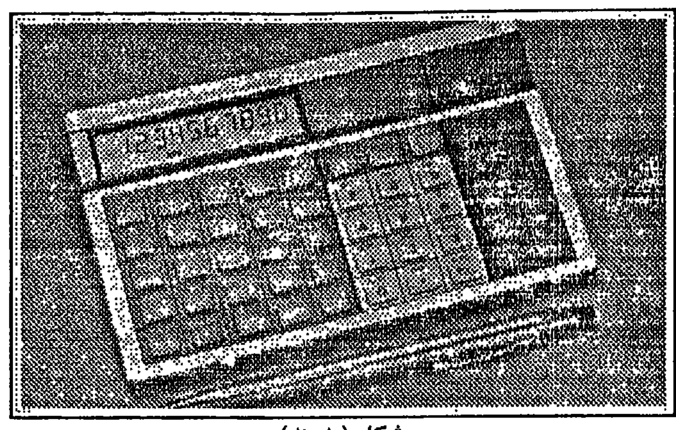
أ - الحسابات العددية (Numerical Computations)

من أهم الأشياء التى يستطيع الحاسب القيام بها بدقة عالية وبسرعة فائقة بالمقارنة مع قدرات الإنسان هى الحسابات العددية والتى كانت الهدف الرئيسى من اختراع الحاسب. والكل يعلم أن أى آلة حاسبة عادية مثل تلك الموضحة فى شكل (١ - ٢) تستطيع القيام بعملية حسابية مثل ضرب العدد (١٩٨٦٤) فى العدد (٩٢٧٨٦٥) فى جزء من الثانية ، أما الحاسبات الكبيرة فتستطيع القيام بحسابات يصعب على أى إنسان القيام بها باستخدام أى وسائل أخرى.

ب - تخزين واسترجاع المعلومات

يستطيع الحاسب تخزين آلاف السجلات التى يحتوى كل سجل منها على العديد من البيانات مثل اسم العميل وعنوانه وأى معلومات أخرى عنه. ويمكن استرجاع البيانات بمجرد إعطاء الحاسب أمر محدد

ليقوم بالبحث عن السجل الخاص بهذا العميل وعرضه للمستخدم فى بضع ثوانى. وللقيام بهذا العمل بدون الحاسب على الإنسان استخدام آلاف الأوراق لكتابة هذه السجلات وفى هذه الحالة تصبح عملية البحث عن أى سجل شاقة جدا وتستهلك وقتا طويلا.



شكل (١-٢)

جـ - العمليات التكرارية (Repetitive Operations)

إذا طلب المستخدم من الحاسب ، على سبيل المثال ، طباعة ألف نسخة من التقرير الشهرى سيقوم الحاسب بهذه المهمة بدون أى ملل ويعطيه آخر تقرير بنفس جودة التقرير الأول. أما إذا تم القيام بهذا العمل يدويا فإن الإنسان سوف يمل بعد بضعة تقارير وتقل كفاءة إخراج التقارير بعد ثانى أو ثالث تقرير. ومن ذلك يتضح أن الحاسب يستطيع القيام بالأعمال التكرارية أفضل بكثير من الإنسان.

١ - ٤ ما يؤديه الإنسان أفضل من الحاسب

بعد أن أوضحنا أن الحاسب يمكنه القيام بأعمال معينة أفضل من الإنسان ، فما زال الإنسان يملك قدرات تفوق قدرات الحاسب وهى تلك القدرات التى تتعلق بالذكاء (Intelligence). فالإنسان لا يقوم بمعالجة البيانات مثل الحاسب فقط ولكنه أيضا يقوم بفهم هذه البيانات ، ويقوم أيضا بالإحساس (Make Sense) بالأشياء التى يراها ويسمعها. ليس هذا فحسب ولكن الإنسان يقوم بالحكم السليم (Common Sense) على الاشياء.

وعلى هذا ، فإذا كان الإنسان أكثر ذكاء من الحاسب ، وإذا كان الهدف فى مجال الذكاء الإصطناعى هو الإرتقاء بأداء الحاسب للقيام بالأشياء التى يقوم بها الإنسان أفضل فإن عليه جعل الحاسبات أكثر ذكاء. هذا المفهوم يؤدى إلى التعريف التالى للذكاء الإصطناعى الموضوع بواسطة أفرون بار (Avron Barr) وهو :

" الذكاء الإصطناعى هو علم من علوم الكمبيوتر يعنى بتصميم نظم حاسبات ذكية ، بمعنى تصميم نظم تملك نفس خصائص الذكاء فى السلوك الإنسانى "

وطبقا لهذا التعريف فإن الهدف من مجال الذكاء الإصطناعى هو إنتاج الحاسبات الذكية (Intelligent Computers). والحاسب الذكى كما تم التعريف من قبل هو الحاسب الذى يستطيع محاكاة السلوك الذكى للإنسان.

١ - ٥ المعالجة الرمزية (Symbolic Processing)

عند حل الخبراء للمشاكل - خاصة التى تناسب الذكاء الإصطناعى - فإنهم يستخدمون الرموز (Symbols) لتمثيل المشكلة ثم تستخدم أساليب عديدة وقواعد مختلفة لمعالجة هذه الرموز. وتعد المعالجة الرمزية الصفة الأساسية للذكاء الإصطناعى ، وذلك طبقا لتعريف بروس بوتشانان (Bruce Buchanan) والقائل فيه :

" الذكاء الإصطناعى هو ذلك العلم من علوم الحاسب الذى يتخذ طرق المعالجة الرمزية ، وليست الخوارزمية ، فى حل المشاكل "

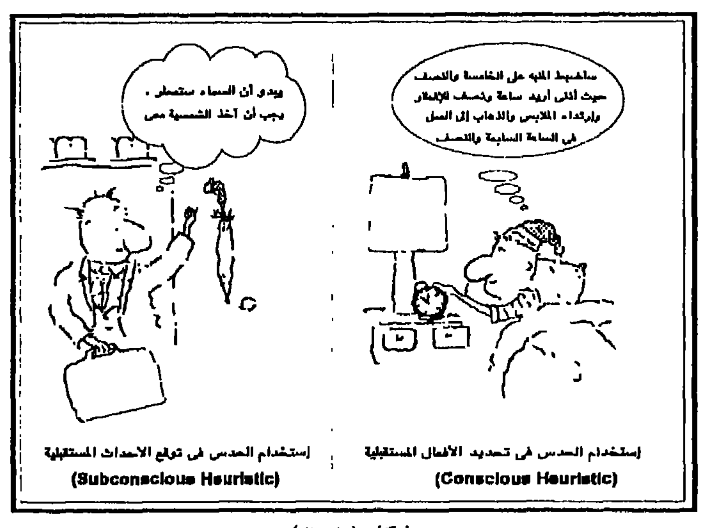
والمعالجة الرمزية (Symbolic) تختلف عن المعالجة العددية (Numeric Processing) التى يعتمد عليها الحاسب والتى كانت الهدف من وجوده فى البداية. أما التراكيب الخوارزمية (Algorithmic) فهى التراكيب التى تتكون من خطوات محددة ومعرفة بنقطة بداية ونقطة نهاية ، واتباع هذه الخطوات يؤدى إلى الوصول إلى حل المشكلة. والبرامج التقليدية للحاسب تبنى على هذه التراكيب. أما النشاطات العقلية للإنسان مثل طرق الإستنتاج المنطقى (Reasoning Processes) فنجد أنها غير خوارزمية (Non algorithmic) ، أى أن العقل الإنسانى لايتبع طرقا إجرائية محددة وثابتة للوصول للإستنتاج أو الحل الذى توصل إليه.

ويكرس معظم الباحثين فى مجال الذكاء الإصطناعى جهدهم فى المعالجة الرمزية والغير إجرائية لمحاكاة طرق الإستنتاج عند الإنسان على الحاسب.

١ - ٦ الحـــدس (Heuristics)

الحدس هو الحكم على الأحداث بالخبرة التجريبية. وهو الذى يساعد الإنسان على اتخاذ القـرار فيمـا سيفعله مستقبلا. ويوضح الشكل (١ - ٣) كيف يستخدم الإنسان الحـدس فـى اتخاذ القـرارات المستقبلية. وقد اعتبر بروس بوتشانان الحدس عنصرا من عناصر الذكاء وذلك فى التعريف التالى : .

" الذكاء الإصطناعى هو ذلك النوع من علوم الحاسب الذى يتخذ أسلوب المعالجة المرمزة لتمثيل المعرفة وليس أسلوب المعالجة العددية ، وكذلك يحاكى أسلوب الحدس عند الإنسان فى معالجة المعلومات "



شكل (١ - ٣)

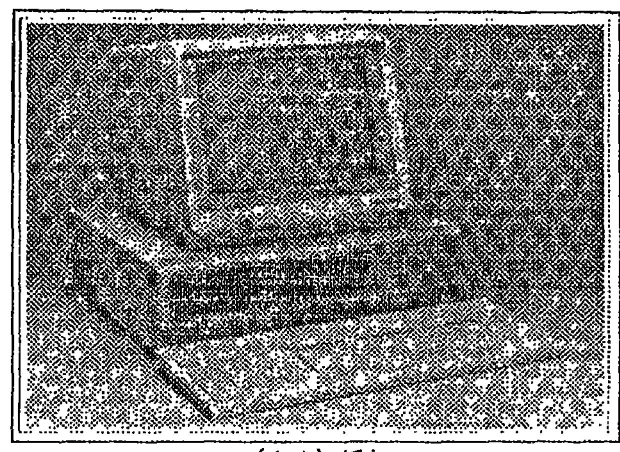
ونلاحظ أن بروس فى هذا التعريف أيضا يؤكد على المعالجة المرمزة كما بالتعريف السابق كعنصـر هام فى مجال الذكاء الإصطناعى كما أدخل مفهوم الحدس لمعالجة المعلومات.

١ - ٧ مضاهاة الصور (Pattern Matching)

هناك تعريف آخر للذكاء الاصطناعى يعتمد على تقنية مضاهاة الصور وضعتـه مجموعــة براتــل للأبحـاث (Brattle Research Corp.) والذى تقول فيه :

" ينشأ الذكاء الإصطناعى بواسطة تقنيات مقارنة الصور والتى تساعد فـى وصف الأشياء أو الأحـــداث أو العمليات عن طريق خصائصها النوعية والمنطقية والعلاقـــات الحسابية. "

والإنسان يستطيع القيام بأشياء غريزية كثيرة من الصعب برمجتها على الحاسب. فيمكنه التعرف على العلاقات بين الأشياء ، ويمكنه الاحساس بالتشابه أو الإختلاف النوعى للأشياء كما يمكنه استخراج مفهوم من مجموعة من النقط المتراصة على هيئة مخطط أو شكل معين. فالصور الموجودة فى الصحف اليومية هى عبارة عن مجموعة متراصة من النقط مثل الشكل (١ - ٤) ويستطيع الإنسان التعرف على مدلول هذه النقط وماتعكسه من وجوه أو أشكال بأقل مجهود. وهذه الغريزة عند الإنسان من الصعب جدا برمجتها ومحاكاتها على الحاسب. فإذا أردنا أن يصبح الحاسب أكثر ذكاء فيجب أن يكون قادرا على التعرف على نفس العلاقات المصاحبة للأشياء والأحداث والعمليات والتى يتعرف عليها الإنسان بطريقة طبيعية.



شكل (١-٤)

١ - ٨ الإستدلال (Inferencing)

الإستدلال هو أحد عمليات الإستنتاج المنطقى. فمن الحقائق والقواعد وباستخدام الحدس أو أى طريقة من طرق البحث يمكن الوصول إلى إستنتاج معين. والذكاء الإصطناعى قادر على القيام بعمليات الإستدلال عن طريق إستخدام أسلوب مطابقة الصور وبالتالى يستطيع القيام بعمليات الإستنتاج المنطقى مثل الإنسان.

١ - ٩ الحاسب والمخ البشرى

هنالك العديد من الباحثين فى مجال الذكاء الإصطناعى لم يكن إهتمامهم يتعرض إلى محاكاة أسلوب معالجتهم لهذا المجال بدقة وأمانة للطريقة التى يحل بها البشر مشاكلهم وتعاملهم مع الأمور المختلفة ،

وانحصر اهتمامهم أساسا فى أن برامجهم فى النهاية تعمل بطريقة مرضية ، وذلك لقناعتهم بحقيقة الإختلاف بين الحاسب والمخ البشرى فى العديد من الأمور الأساسية. فالمخ البشرى يحتوى على ما يقرب من ٤٠ بليون خلية عصبية (Neurons) والخلية العصبية تمثل تقريبا واحد بايت (حرفا) من المعلومات. بينما حاسبات اليوم تحتوى عادة على ذاكرة رئيسية تصل إلى ما يتراوح بين ٢ مليون بايت (٢ ميجابايت) للحاسبات الشخصية وعدة مئات من المليون بايت للحاسبات الكبيرة (Large Mainframes). ورغم أن اتخاذ القرار والتعلم وبعض الأعمال التى تحتاج إلى الذكاء تستخدم نسبيا نسبة صغيرة من السعة الكلية للمخ ، تتراوح ما بين ١٠ ٪ إلى ٣٠ ٪ والتى تمثل ما يكافئ نحو ١٠ بليون بايت (١٠ جيجابايت) فإن هذه السعة ما زالت تفوق إلى حد كبير جدا أى سعة ذاكرة رئيسية لأى حاسب موجود حاليا بما فيها الحاسبات ذات المعالجات المتوازية المكثفة (Massively Parallel Processors) والتى قد يصل إجمالى الذاكرة الرئيسية بها الى عدد من الجيجابايت.

ومن ناحية أخرى فإن كل خلية عصبية تحتوى ما بين ألف إلى عشرة آلاف دخل وخرج باجمالى ما يقرب من ١٠٠ تريليون وصلة (Interconnections) فيما بينهم وعلى النقيض من ذلك نجد أن حاسبات اليوم لا تتعدى الوصلات بين مكوناتها الأساسية عددا محدودا جدا. فكل بوابة منطقية (Logic Gate) لا تزيد وصلات الدخل الخاصة بها عن أربعة. وعلى الجانب الآخر ، فبينما تبلغ سرعة النبضات العصبية (Neural Impulses) ١٠ميل فى الساعة ، فإن الإلكترونات فى الدوائر الإلكترونية تتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء (١٨٦ ميل فى الثانية). هذا بالاضافة إلى أن الخلايا العصبية للمخ تطلق نبضاتها عادة بناء على أساس حد الأغلبية (Majority Threshold) ، بينما تعمل مكونات الحاسب بناء على أسس منطقية ثنائية (Binary Logic Basis). ومن هنا يتضح تفوق الحاسب على الإنسان بسرعته الفائقة ودقته الشديدة بينما يتفوق العقل البشرى فى عدد الوصلات بين خلاياه العصبية.

١ - ١٠ أهمية الذكاء الإصطناعى

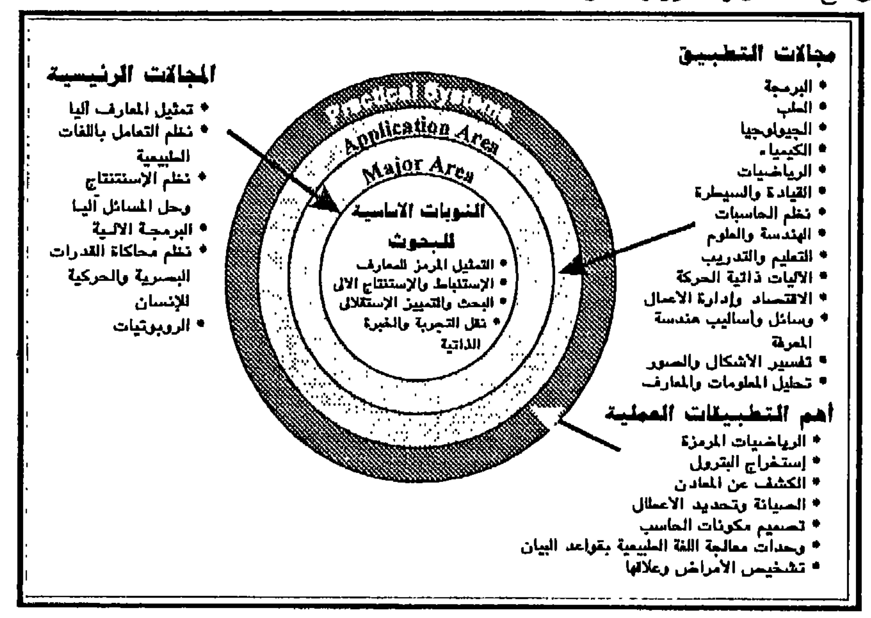
رغم أن الذكاء الإصطناعى كان مثار الإهتمام الأكاديمى منذ أواخر الخمسينات ، إلا أن هذا المجال أصبح حديثا مثار إهتمام متزايد وذلك لظهور بعض التطبيقات العملية على المستوى التجارى. وكان من أهم أسباب التحول الناجح للذكاء الاصطناعى من الناحية الأكاديمية إلى التطبيق والتصنيع هو ذلك التطور الكبير والمتلاحق فى مكونات الحاسبات الالكترونية والذى حدث فى العشرين سنة الأخيرة. فأسعار الحاسبات وأحجامها انخفضت انخفاضا حادا ، بينما سعة الذاكرة الرئيسية وسرعة المعالجة زادت

زيادة مطردة حتى أصبحت الحاسبات الشخصية والحاسبات الشخصية الصغيرة (Microcomputers) حاليا ذات إمكانيات وقدرات تضارع بل وتتفوق على تلك الخاصة بالحاسبات الكبيرة (Mainframes) والتى تم استخدامها بواسطة باحثى الذكاء الإصطناعى فى أواخر الخمسينات والستينات وأوائل السبعينات. ونظرا لأن تطبيقات الذكاء الإصطناعى تميل إلى الاستخدام المكثف والمركز لإمكانيات الحاسبات فإنها تتطلب إمكانيات كبيرة من مكونات الحاسب ، ولذلك فإن التقدم التكنولوجى الكبير فى مجال صناعة الحاسبات بصفة عامة قد أثر تأثيرا كبيرا على زيادة انتشار برامج الذكاء الإصطناعى تجاريا وتعدد التطبيقات الخاصة بها على المستوى التجارى.

ومن العوامل الهامة لنجاح الذكاء الإصطناعى فى مجال التطبيق هو التطور الكبير الذى ساهم فى نضج المجال نفسه وخاصة فيما يخص النظم الخبيرة وهى أحد المجالات الرئيسية للذكاء الاصطناعى. وظهرت نتيجة لذلك بعض المفاهيم والسمات والأسس الحاكمة كما نشأت العديد من الوسائل والتقنيات الهامة التى دعمت هذه المفاهيم والأسس.

وقد أصبح الإهتمام بالذكاء الاصطناعى مثار إهتمام العالم المتقدم ، ففى يونيو ١٩٨٢ طرحت اليابان برنامجها لإنتاج ما أطلقت عليه نظام الجيل الخامس للحاسبات ، وهو نظام لمعالجة المعلومات والمعرفة (Knowledge-Information Processing System "KIPS") ، كما بدأت اليابان فى بداية ١٩٨٣ مشروعا لإنتاج روبوت يمثل جيلا متقدما عن الأجيال الموجودة حاليا ويكون لديه القدرة على اتخاذ القرار الذاتى ، ويعتمد القائمون على هذا المشروع إلى حد كبير على العديد من نتائج مشروع الجيل الخامس للحاسبات. كما بدأت بريطانيا مشروعا قوميا للذكاء الإصطناعى سمى بمشروع " ألفى ". كما بدأت السوق الأوربية المشتركة مشروعا يسمى " اسبريت "(ESPRIT). كما أن هناك العديد من الإستثمارات فى هذا المجال من دول أخرى مثل المانيا وفرنسا واستراليا وكندا وايطاليا والاتحاد السوفيتى (سابقا). أما فى أمريكا ، ففى عام ١٩٨٣ تم إنشاء إتحاد بين مجموعة من الشركات الصناعية الكبرى فى مجال الالكترونيات الدقيقة والحاسبات لإنتاج تقنيات جديدة ومتقدمة للحاسبات تستخدم التقنيات الخاصة بالذكاء الاصطناعى. وعلى المستوى الحكومى ، قامت هيئة علوم الدفاع (Defense Science Board) بتصنيف وترتيب الذكاء الإصطناعى ضمن العشرة تقنيات العسكرية التى تتربع على القمة خلال الثمانينات وأوائل التسعينات. وقامت وكالة البحوث لوزارة الدفاع الأمريكية ببدء مشروع سوبر كمبيوتر مؤسس على التقنيات الخاصة بالذكاء الإصطناعى.

وقد بدأ تأثير البحوث الخاصة بالذكاء الإصطناعى يظهر فى العديد من المجالات بنهاية السبعينات وشمل ذلك تقنيات البرمجة والرياضيات والكيمياء والهندسة الوراثية وعلم طبقات الأرض والكشف عن البترول والطب والتجارة وإدارة الأعمال وعلم النفس. ويوضح شكل (١ - ٥) المجالات الأساسية للذكاء الإصطناعى وأهم تطبيقاته ويتضح منه أن النظم الخبيرة أحد المجالات الحيوية والهامة والتى انتشرت تطبيقاتها لتغطى أنشطة كثيرة ومتعددة. وفى الثمانينات ، وبتزاوج أوجه النجاح السابقة مع التقدم المذهل فى المكونات الإلكترونية بالإضافة إلى الخفض الكبير فى أسعارها وأحجامها ، فقد أصبح من الإحتمالات القوية إمكان عمل تطبيقات تجارية على مستوى كبير. وبدءا من التسعينات ومع نضج مجالات الذكاء الإصطناعى ، فستتحول الحاسبات من مجرد آلات تتعامل مع الأرقام والحروف إلى آلات تتعامل مع الأشكال والصور والمعرفة.

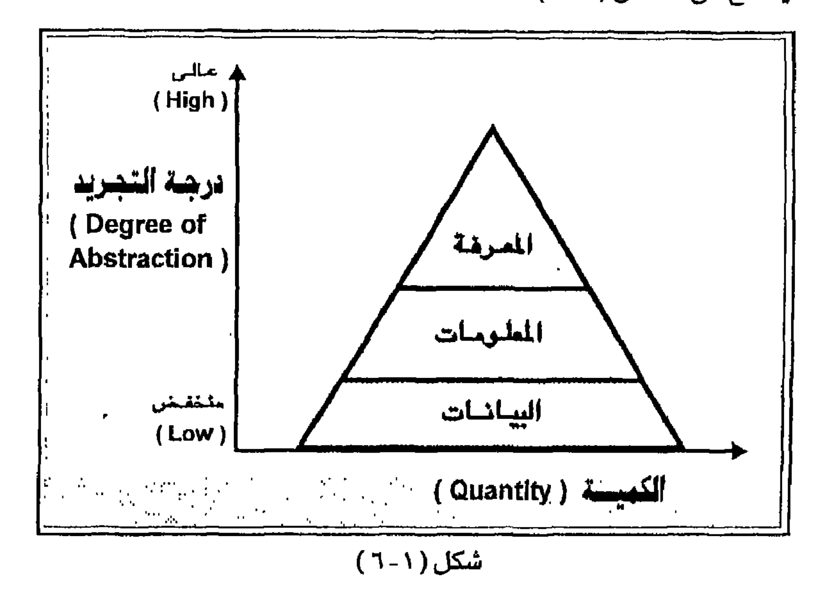


شكل (١ - ٥)

ومما يدل على الاهتمام الكبير الذى حظى به الذكاء الإصطناعى ، هذه الزيادة الكبيرة والمستمرة فى حجم الإستثمارات فى هذا المجال. فقد زادت الاستثمارات من ٢٥٠ مليون دولار عام ١٩٨٢ الى ٧٥٠ مليون دولار عام ١٩٨٥ وارتفعت الى ما يقرب من ٤ بليون دولار عام ١٩٩٠ ، مما يشكل ما يقرب من نسبة ٢٠ ٪ إلى ٢٥ ٪ من حجم الإستثمارات فى مجال صناعة الحاسبات.

١ - ١١ البيانات والمعلومات والمعارف

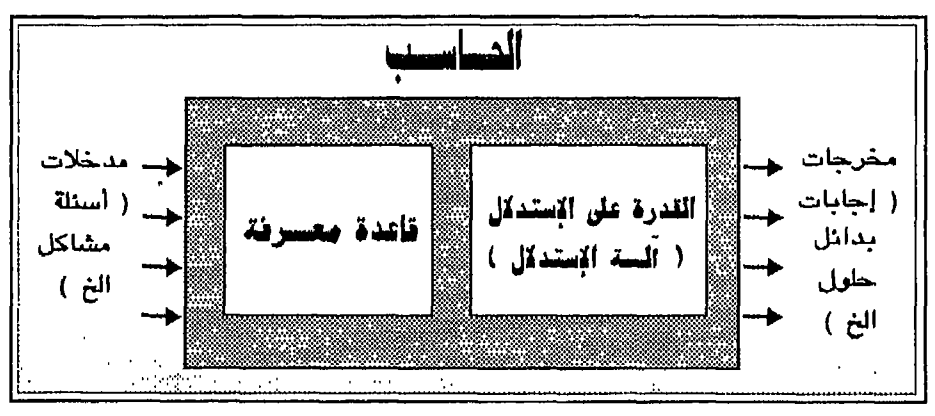
فى مجتمع الحاسبات مضى وقت طويل قبل أن يتم اكتشاف الفرق الكبير بين البيانات (Data) والمعلومات (Information) من حيث كون المعلومات هى ناتج تحليل البيانات وذلك بغرض إستخراج العلاقات والمقارنات والمؤشرات ومعاملات الإرتباط والتى على ضوئها تتخذ القرارات. وبذلك يمكن القول أن " المعلومات تبدأ من حيث تنتهى البيانات". وهكذا ظهرت نظم المعلومات (Information Systems) متخذة من قواعد البيانات (Data Bases) أساسا لها. وبجانب البيانات المباشرة فإن قواعد البيانات تتضمن العلاقات التى تربط بين عناصر البيانات والتى لها مغزى بالنسبة للأهداف الموضوعة لنظام المعلومات. ومع التطور الكبير الذى بدأ يأخذ دورته المتصاعدة فى عالم الحاسبات ظهر دور بارز لما يطلق عليه لفظ " المعرفة" (Knowledge). واتضح وجود فرق شاسع بين المعلومات والمعارف فمعظم المعارف استنتاجية أكثر منها حسابية أو بيانية. فمثلا هناك فرق كبير بين ما تحتويه الكتب من معلومات وقيام البعض باستيعاب مادتها واستغلالها فى تعريف المشاكل وحلها. وبذلك يمكن القول بأن المعرفة هى محصلة الإمتزاج الخفى لعناصر ثلاثة : المعلومات ، والخبرة ، والحكمة البشرية وبمعنى أبسط " تبدأ المعارف حيث تنتهى المعلومات ". ويمكن تصنيف البيانات والمعلومات والمعرفة بمقياس كمى ومقياس لدرجة التلخيص أو التجريد (Abstraction) لكل منهم كما يتضح من الشكل (١-٦).



شكل (١-٦)

ورغم وضوح الرؤية فى أن المعرفة الإنسانية هى أهم الموارد على الإطلاق إلا أنها ، وفى وضعها الراهن ، منثورة ومبددة ومبعثرة بين ثنايا الوثائق والكتب والأبحاث والتقارير ، أو أذهان ذوى الخبرة

والذين هم عرضة للفناء بانتهاء آجالهم. وعلى الرغم من كل ما نراه ونسمع عنه من إنجازات هائلة إلا أن مورد المعرفة الإنسانية ما زال مهدرا بدرجة كبيرة وبات فى أمس الحاجة إلى أساليب فعالة وعملية لتصونه وتنميه وتحسن استغلاله. وتصدى لهذا مجال من مجالات الذكاء الإصطناعى وهو ما يطلق عليه النظم الخبيرة (Expert Systems) أو النظم المبنية على المعرفة (Knowledge-Based Systems). وبذلك خرج إلى الوجود مفهوم جديد يمثل البديل الأرقى لقواعد البيانات ولتصبح وعاء لذخيرة المعارف وشبكة العلاقات والتفاعلات التى تربط بينها. ولأن الحاسبات ليس لها القدرة على التعلم أو استخدام الخبرة بطريقة تحاكى العقل البشرى لذلك فإنها تستخدم المعرفة المكتسبة من الخبراء. وهذه المعرفة تتكون من حقائق ، مفاهيم ، نظريات ، طرق للحدس ، إجراءات ، وعلاقات بين أنواع شتى من المعارف. كذلك يمكن أن تكون المعرفة المكتسبة فى صورة معلومات منظمة بطريقة تخدم صناعة القرار أو حل المشاكل. وهذا النوع من المعرفة والذى تستخدمه نظم الذكاء الإصطناعى يسمى قاعدة معرفة (Knowledge Base). ومعظم هذه القواعد تركز على موضوع معين أو نطاق مشكلة ما. وبمجرد بناء قاعدة المعرفة يتم استخدام طرق الذكاء الإصطناعى لإكساب الحاسب قدرة على الإستدلال ومن ثم قدرة على الاستنتاج المنطقى والحكم على الأشياء. والشكل (١-٧) يوضح كيفية إستخدام الحاسب للذكاء الاصطناعى فى أحد التطبيقات للوصول إلى بعض الحلول البديلة لمشكلة ما.



شكل (١-٧)

وعن طريق البحث خلال قاعدة المعرفة (Searching) عن الحقائق والعلاقات المرتبطة بالمدخلات يمكن للحاسب باستخدام آلة الاستدلال الوصول إلى الحلول البديلة للمشكلة. ونتيجة للأهمية المتزايدة للذكاء الإصطناعى وقواعد المعرفة فإن العديد من المهتمين بالحاسبات وتطبيقاتها يؤمنون بأن عصر المعلومات قد انتهى وان البشرية الآن على أعتاب عصر المعرفة وبدأت الأبحاث تتجه إلى تنظيم قواعد المعرفة (Knowledge Bases) وبناء مجتمعات (Societies) للمعرفة تساعد فى دفع خطى الذكاء الإصطناعى إلى الأمام.

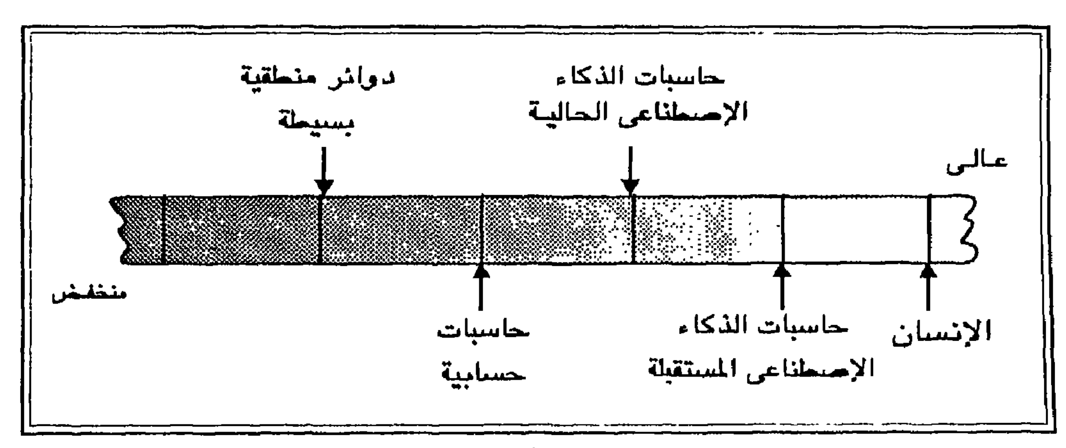
ونتيجة لترسخ الاعتقاد بأن المعرفة موضوع يمكن أن يدين للسيطرة الهندسية ، ظهر فرع جديد من العلوم يطلق عليه " هندسة المعرفة " (Knowledge Engineering) وهو يخدم أغراضا يحتاجها الانسان بدءا من المسائل الطبية ووصولا إلى تصميم منتج ، ومرورا باتخاذ القرارات الإدارية والعسكرية ، وفى الزراعة والتعليم والتعدين ومعارف الحياة الأخرى. ومن هذا المنطلق يمكن تقسيم مراحل تطور الحاسب من وجهة نظر المستخدم ونوعية التطبيقات وكيفية التعامل بين الإنسان والآلة إلى ثلاث مراحل نوعية :

- معالجة البيانات (Data Processing)
- معالجة المعلومات (Information Processing)
- معالجة المعارف (Knowledge Processing)

وبذلك يلاحظ أنه يتم ارتقاء التطبيقات من ميكانيكية معالجة البيانات والمعلومات إلى ذكائية معالجة المعارف والتى تعتبر الأساس الذى تبنى عليه النظم الخبيرة.

١ - ١٢ الذكاء الإصطناعى والتكنولوجيا

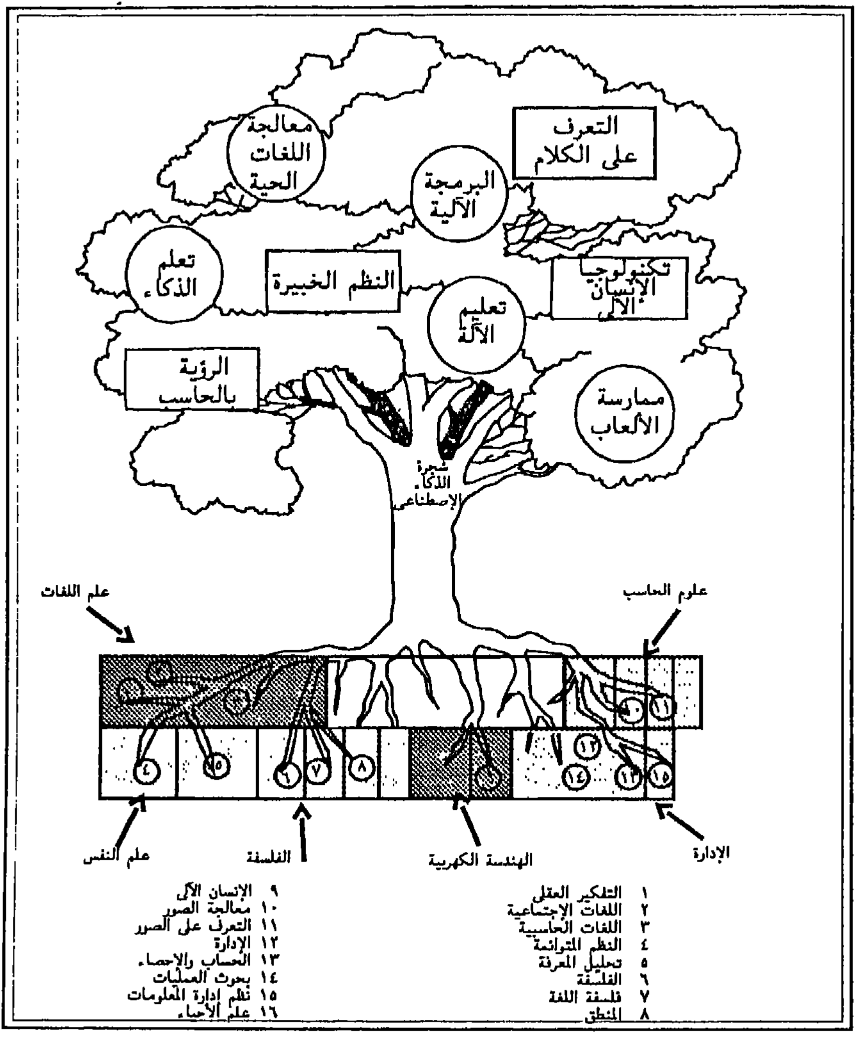
إن الجدل القائم عن ماهية الذكاء الإصطناعى ليس من السهل حله سريعا وذلك لأن الذكاء الإصطناعى ، كعلم جديد أو بمعنى أدق ولد من جديد ، يلقى تطويرا مستمرا وسريعا. والأداة الأساسية للذكاء الإصطناعى هى الحاسب الآلى الذى تزداد طاقته بدرجة كبيرة جدا مع إنخفاض تكلفته. هذا التقدم الكبير فى تكنولوجيا الحاسبات يصاحبه أيضا تقدم كبير فى مجال الذكاء الإصطناعى. وتتفاوت درجات ذكاء الحاسبات حسب أنواعها كما يوضح شكل (١ - ٨).



شكل (١ - ٨)

١ - ١٣ المجالات الأساسية للذكاء الاصطناعى

إن عدم وجود تعريف دقيق وقاطع للذكاء الإصطناعى ، نتيجة كل العوامل التى تم شرحها ، يؤدى إلى صعوبة الفهم لهذا المجال. ولكى نحصل على مفهوم جيد للذكاء الإصطناعى علينا أن نتعرف على ما يقوم به الباحثون فى هذا المجال. أو بمعنى آخر ، من المفيد أن نعرف الذكاء الإصطناعى عن طريق التعرف على المجالات البحثية التى تنتمى لهذا العلم. وهناك مجالات بحثية عديدة تدخل فى مجال الذكاء الاصطناعى يتم توضيحها باختصار فى الأجزاء التالية ، وسوف يتم شرحها تفصيليا فى الفصول القادمة. أنظر شكل (١-٩)

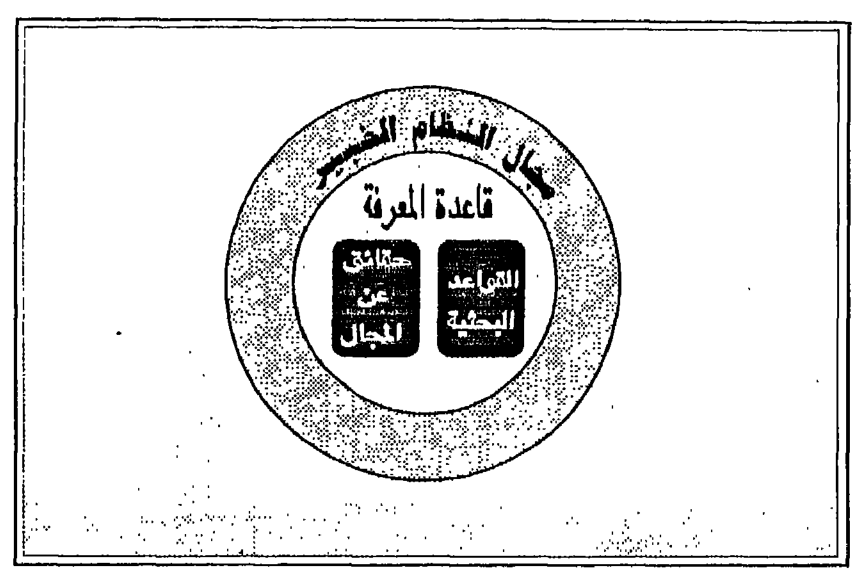


شكل (١-٩)

١ - ١٣ - ١ النظم الخبيرة (Expert Systems (ES))

النظام الخبير (Expert System) هو مجرد برنامج (Computer Program) يصمم خصيصا ليقوم بعمل الخبراء (Experts) فى مجال معين ، أى من الممكن استشارته عند القيام بعمل معين فى المجال الذى ينتمى إليه هذا النظام. ويعرف كذلك بالنظام المبنى على المعرفة (Knowledge Based System).

ويتكون النظام الخبير من قاعدة معرفة (Knowledge Base) تتكون من حقائق (Facts) عن مجال معين وقواعد بحثية تحدد كيفية استخدام تلك الحقائق. والشكل (١ - ١٠) يوضح مكونات قاعدة المعرفة لأحد النظم الخبيرة.



شكل (١ - ١٠) مكونات قاعدة معرفة لنظام خبير.

والنظم الخبيرة صممت لتساعد الخبراء وليس للإستغناء عنهم. وقد أثبتت أهميتها فى مجالات عديدة مثل النظم الخبيرة فى مجال الطب والجيولوجيا والكيمياء. وهى تعد الآن من أهم تقنيات الذكاء الإصطناعى وأوسعها إنتشارا من حيث ارتباطها الكبير بالصناعة وكثير من الأعمال التجارية. ولذلك فقد أفردنا جزءا كاملا من هذا الكتاب للدراسة التفصيلية لكيفية بناء النظم الخبيرة واستعراض وشرح عدة نظم خبيرة تم إنتاجها بواسطة شركات عالمية كبيرة.

١- ١٣- ٢ معالجة اللغات الحية(Natural LanguageProcessing)

إن وسيلة إتصال الإنسان بالحاسب تتمثل فى مجموعة من التعليمات والأوامر المحددة أو لغات البرمجة ومثل هذه الوسائل لاتحقق المرونة الكافية فى الإتصال بالحاسب. والهدف الأساسى من مجال معالجة اللغات الحية (Natural Language Processing) هو جعل الإتصال بين الحاسب والإنسان يتم بصورة طبيعية أى باستخدام لغة الإنسان مثل العربية أو الإنجليزية. وينقسم هذا المجال إلى جزئين رئيسين يتم توضيحهما فى الأجزاء التالية:

أ - فهم اللغات الحية (Natural Language Understanding)

ويبحث هذا المجال فى إيجاد طرق تسمح للحاسب بفهم التعليمات المعطاة إليه بصورة طبيعية ، أى انه يستطيع فهم لغة الإنسان بسهولة.

ب - إنتاج اللغات الحية (Natural Language Generation)

ويبحث هذا المجال فى إيجاد الطرق التى تجعل الحاسب قادرا على إنتاج لغة حية ، أى يمكنه إنتاج جمل بالعربية أو الإنجليزية أو أى لغة حية أخرى.

١ - ١٣ - ٣ التعرف على الكلام (Speech Recognition)

الهدف من معالجة اللغات الحية ، كما أوضحنا ، هو جعل الحاسب قادرا على التفاعل والإتصال بالإنسان عن طريق التعرف على لغته الحية من خلال الجمل المعطاه إليه عن طريق لوحة المفاتيح.

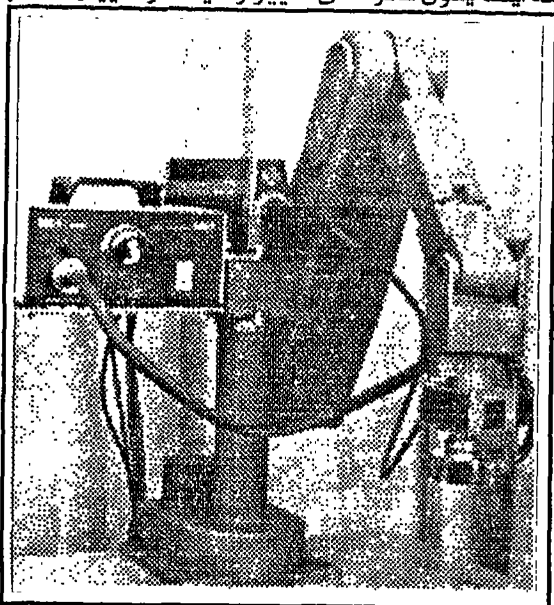
أما مجال التعرف على الكلام (Speech Recognition) فهو يجعل الحاسب أكثر تفاعلا مع المستخدم ، حيث أنه يبحث فى الطرق التى تجعل الحاسب قادرا على التعرف على حديث الإنسان. أى أن الإنسان يصبح قادرا على توجيه الأوامر إلى الحاسب شفهيا ويقوم الحاسب بفهم هذه الأوامر وتنفيذها.

١ - ١٣ - ٤ الرؤية بالحاسب (Computer Vision)

تمثل الرؤية بالنسبة للإنسان الوسيلة الأساسية التى تجعله يشعر بالوسط المحيط به. كذلك فإن الهدف من مجال الرؤية بالحاسب (Computer Vision) - ويسمى أيضا التعرف على الصور (Pattern Recognition) - هو جعل الحاسب قادرا على رؤية الوسط المحيط به والتعرف عليه. وتتم هذه العملية عن طريق توصيل الحاسب بكاميرا للتصوير تساعد على استقبال صور للوسط

المحيط به ، ولكن تفسير هذه الصور والتعرف على ما تمثله بالنسبة للحاسب يعتبر من أصعب المهام التى تعترض علماء الذكاء الإصطناعى. وحاليا يوجد تطبيق لتلك الأبحاث والذى يستخدم الرؤية بالحاسب مثل الإنسان الآلى الموضح بالشكل (١-١١) وهو ببساطة عبارة عن كاميرا تليفزيونية وذراع آلية ويمكنها التعرف على الأجسام ونقلها من مكان لآخر.

وهذا الإنسان الآلى يختلف عن الروبوت التقليدى فى أنه لايقوم بأداء المهام حسب برنامج مخزن به فقط ولكنه أيضا يكون قادرا على تغيير وظيفته وتكييفها حسب الوسط المحيط به.



شكل (١-١١)

١ - ١٣ - ٥ البرمجة الآلية (Automatic Programming)

البرمجة هى الوسيلة التى من خلالها يمكننا ابلاغ الحاسب بتنفيذ العمليات التى نريد منه القيام بها. ويمر إنتاج البرنامج بمراحل عديدة مثل تصميم البرنامج ثم كتابته ثم اختباره ثم تنقيحه وأخيرا تقييمه وبعد التأكد من صحته يتم إنتاجه.

أما الهدف من البرمجة الآلية فهو إنتاج البرامج الذكية والتى تستخدم كأداة جيدة فى مساعدة المبرمجين فى تسهيل إنتاج برامجهم. ويوجد هدف أسمى للبرمجة الآلية وهو إنتاج البرنامج الذكى الذى يستطيع أن ينتج برنامجا بنفسه ، أى إعطاؤه تفاصيل المشكلة ليقوم هو بتصميم وإنتاج البرنامج.

١ - ١٣ - ٦ الإنسان الآلى (Robot)

إن تكنولوجيا الإنسان الآلى (Robotics) هى من أكثر تكنولوجيا الذكاء الإصطناعى تقدما من حيث التطبيقات التى تقدم فيها حلولا كاملة للمشاكل. والروبوت (Robot) أو الإنسان الآلى عبارة عن آلة كهروميكانيكية يمكن برمجتها لتؤدى بعض المهام التى يقوم بها الإنسان يدويا وسوف يتم شرحه بالتفصيل فى الجزء الخامس من الكتاب.

ويمكننا تلخيص ماسبق ذكره من بعض مجالات الذكاء الإصطناعى فيمايلى :

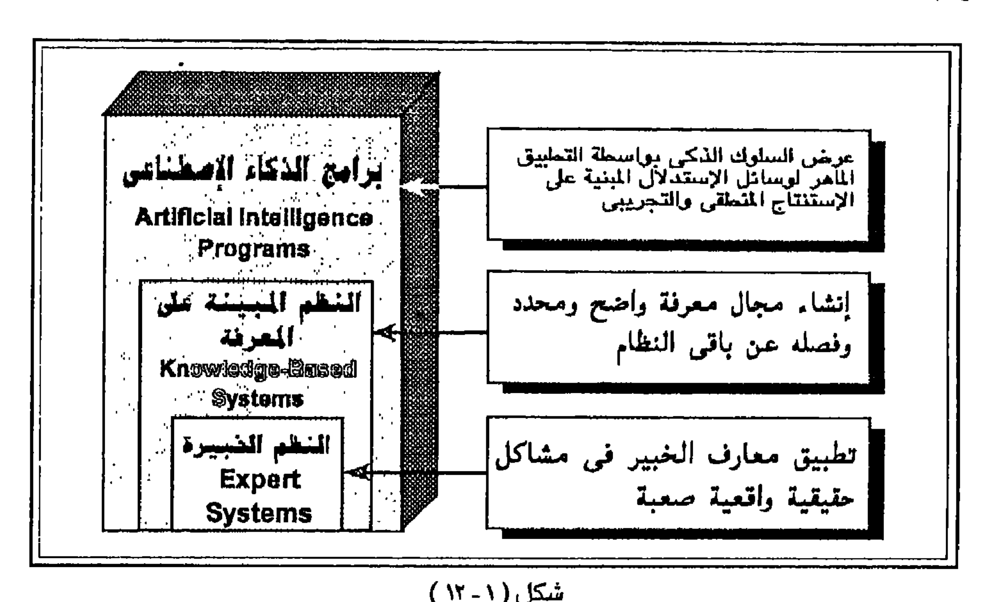
١ - التخطيط وصنع القرار (Planning & Decision Making)
٢ - معالجة اللغات الحية (Natural Language Processing)
٣ - الرؤية والتعرف على الأشكال (Computer Vision)
٤ - التعرف على الكلام (Speech Recognition)
٥ - البرمجة الآلية (Automatic Programming)
٦ - الإنسان الآلى (Robotics)

وسوف يتم دراسة هذه المجالات بالتفصيل فى الأجزاء التالية من الكتاب.

١ - ١٤ حاسبات الجيل الخامس

تنبه اليابانيون إلى أن المعرفة (Knowledge) هى الثروة الجديدة للأمم ، وأن العالم فى طريقه إلى عصر جديد هو عصر صناعة المعرفة (Knowledge Industry). فالمعرفة قوة ، والحاسبات يمكنها أن تضاعف هذه القوة. ولذلك أقرت اليابان خطة قومية مدتها عشر سنوات عرفت باسم " الجيل الخامس للحاسبات " ، وهو الأمر الذى قد يجعل اليابان القوة الصناعية المسيطرة على العالم لسنوات طويلة وأن تكون الرائدة فى تكنولوجيا الحاسبات. ويتوقع اليابانيون أن يخرج جيل جديد من الحاسبات الآلية يشمل تغييرات كمية فى سرعة الحاسبات والقوة والإستنتاج المنطقى (Reasoning). ويهدف هذا الجيل من الحاسبات إلى جعلها قادرة على مناظرة الإنسان بلغاته القومية وفهم الكلام والصور ، وكذلك القدرة على التعلم ، وعمل الإستنتاجات ، واتخاذ القرارات ، والتصرف بالطرق التى نعتبرها جزءا شاملا من التفكير المنطقى المؤدى إلى استنتاجات العقل البشرى.

ويهدف اليابانيون إلى بناء تصميماتهم على وجهة نظر علمية كانت قد قدمت منذ حوالى خمسة عشر عاما فى أبحاث الذكاء الإصطناعى الأمريكى تعرف باسم " النظم المبنية على المعرفة " أو فى بعض الأحيان " نظم قواعد المعرفة " ، والتى تم التعرض لها فى هذا الفصل. وقد أطلق اليابانيون على نظامهم الجديد إسم " نظام معالجة المعارف والمعلومات ". وهو يعنى إدخال نظم المعالجة المنطقية الآلية واستخدام المعرفة عن مواضيع محددة بدلا من المبادىء المجردة. وتحتوى نظم قواعد المعرفة على كمية ضخمة من المعرفة التى قد تطرأ على الذهن عند إنجاز مهمة معينة. وتعتبر النظم الخبيرة أحد أنواع النظم المبنية على المعرفة بالرغم من استخدام التعبيرين كمترادفين وذلك كما يتضح من الشكل (١ - ١٢). ويوضح شكل (١ - ١٣) التركيب البنائى للجيل الخامس للحاسبات والذى يتضح فيه إعتماده الأساسى على نظم قواعد المعرفة والتعامل مع المستخدم من خلال اللغات الطبيعية واستخدام الكلام المنطوق والصور والأشكال فى التعامل مع الحاسب إدخالا وإخراجا.



شكل (١ - ١٢)

الفصل الثانى

تمثيل المشاكل ووسائل حلها



من أهم أهداف نظم الذكاء الإصطناعى محاولة محاكاة قدرة الإنسان على حل المشاكل واتخاذ القرارات وذلك باستخدام الإستنتاج المنطقى (Reasoning). ولفهم طبيعة عملية المحاكاة، وهى من العمليات المعقدة والصعبة، يجب أولا فهم الأساليب والطرق المستخدمة فى نظم الذكاء الإصطناعى وخاصة النظم الخبيرة لحل المشاكل وكذلك فهم المنهجيات والتقنيات المستخدمة فى ذلك. والقدرة على حل مشكلة ما باستخدام أسلوب الإستنتاج المنطقى هى من الصفات التى تميز بها الإنسان عن غيره من الكائنات وهذه القدرة هى نتاج العمليات الذهنية المعقدة التى يقوم بها المخ البشرى. ومصطلح حل المشكلة (Problem Solving) من المصطلحات التى يستخدمها بكثرة المهتمون بعلم الرياضيات وتستخدم كذلك فى مجال الذكاء الإصطناعى. أما فى عالم إدارة الأعمال (Business) فيستخدم مصطلح مكافىء هو إتخاذ القرار (Decision Making).

٢ - ١ خطوات حل أى مشكلة

هناك تباين ملحوظ فى نظرة الباحثين للطرق المستخدمة فى حل أى مشكلة وتعتمد هذه النظرة بقدر كبير على محصلة الباحث العلمية وخبرته العملية المكتسبة.

وبالرغم من هذا الإختلاف فقد أجمع معظم الباحثين على وجود إطار عام يجمع هذه المنهجيات. وهذا الإطار عبارة عن ستة خطوات رئيسية ترسم الطريق بوضوح أمام المهتمين بحل المشاكل لمساعدتهم فى الوصول إلى الحل الأمثل لها وهذه الخطوات هى : تحديد وتعريف المشكلة، تحديد الصفات المميزة التى تساعد فى توليد البدائل، البحث عن حل للمشكلة وطريقة لتقييم هذا الحل، إختيار الحل المناسب والتوصيات المصاحبة لذلك، وأخيرا تنفيذ الحل. والشكل (٢-١) يوضح هذه الخطوات وطريقة تسلسلها. وبالرغم من أن طريقة الوصول إلى الحل والموضحة بالشكل طريقة خطية فهى فى الواقع أبعد ماتكون عن ذلك. لأن الواقع قد يفرض دمج بعض هذه الخطوات كذلك يفرض الرجوع الى بعض الخطوات السابقة بغرض تعديلها عند تنفيذ خطوة تالية بمعنى إستخدام طريقة تكرارية (Iterative).

وفيما يلى شرح مختصر لكل خطوة من الخطوات السابق ذكرها لحل مشكلة معينة :

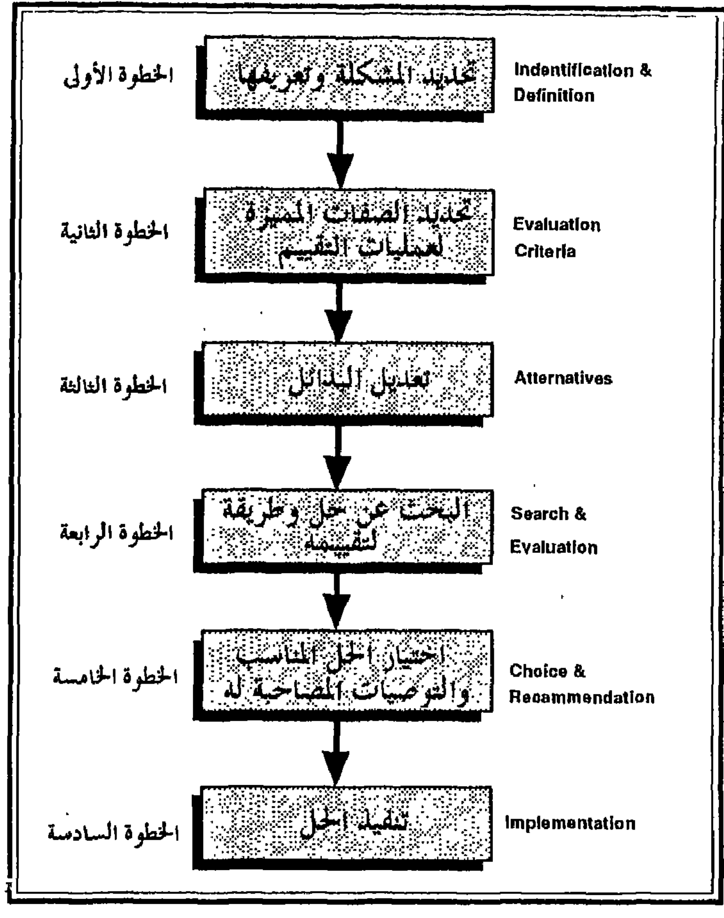
- ☐ الخطوة الأولى : تحديد المشكلة وتعريفها

يجب أولا التعرف على طبيعة المشكلة وتحديد أهميتها وحجمها الحقيقى.

- ☐ الخطوة الثانية : تحديد الصفات المميزة لعملية التقييم

يعتمد حل أى مشكلة على الخواص والصفات المميزة لهذه المشكلة التى تساعد على الحكم على البدائل المتاحة (Possible Alternatives). على سبيل المثال فإن تحديد أفضل الاستثمارات فى مجال إدارة الأعمال يعتمد على بعض الصفات المميزة مثل السيولة المالية المتاحة (Liquidity)،

والعائد المتوقع ودرجة الأمان (Safety). وفى هذه الحالة يجب تحديد هذه الصفات المميزة ودرجة أهميتها.



شكل (٢-١)

☐ الخطوة الثالثة : توليد البدائل

يتم فى هذه الخطوة إختبار إثنين أو أكثر من بدائل الحل. وقد يسفر أحد هذه الإختبارات عن نتائج سلبية ولكن وجود هذه الخطوة ضرورى ليتيح الفرصة لاتخاذ القرار ولذلك فإنه يتطلب قدرا كبيرا من القدرة على الإبداع.

☐ الخطوة الرابعة : البحث عن حل وتقييمه

تحتوى هذه الخطوة على العديد من الإختبارات لطرق الحل المختلفة فى ضوء الصفات المميزة السابق شرحها. وهذه الاختبارات هى فى الواقع عملية بحث (Search Process) لأنها تهدف فى

النهاية إلى إيجاد أفضل الحلول. ويمكن فى هذه الخطوة إستخدام العديد من منهجيات البحث والتقييم وآليات الإستنتاج المنطقى المتاحة.

☐ الخطوة الخامسة : إختيار الحل المناسب

تنتهى عملية البحث عادة باختيار أنسب وأفضل الحلول والتوصية باستخدام هذا الحل.

☐ الخطوة السادسة : التنفيذ

تنتهى عملية حل المشكلة بتنفيذ الحل المقترح وهذه العملية فى الواقع معقدة جدا لأنها تفرض فى كل خطوة بعض القرارات الفرعية (Subdecissions) التى يجب إتخاذها وكل قرار فرعى عند اتخاذه يجب أن يمر بنفس الخطوات السابق شرحها.

ويمكن استخدام تقنيات علم الذكاء الإصطناعى التطبيقى لمحاولة برمجة هذه الخطوات والمساعدة فى تنفيذها وخاصة الخطوتين الرابعة والخامسة. أى أن دور الذكاء الإصطناعى وأدواته مثل النظم الخبيرة هو إجراء عمليات البحث (Search) والتقييم (Evaluation) وذلك باستخدام قدرة هذه النظم على الإستدلال (Inference Capabilities). وبالرغم من هذا الدور المحدود الذى يقوم به الذكاء الإصطناعى إلا أن هناك أملا كبيرا فى زيادة مساحته مع التطور الهائل فى مجال تقنيات تصنيع المكونات المادية للحاسب (Hardware).

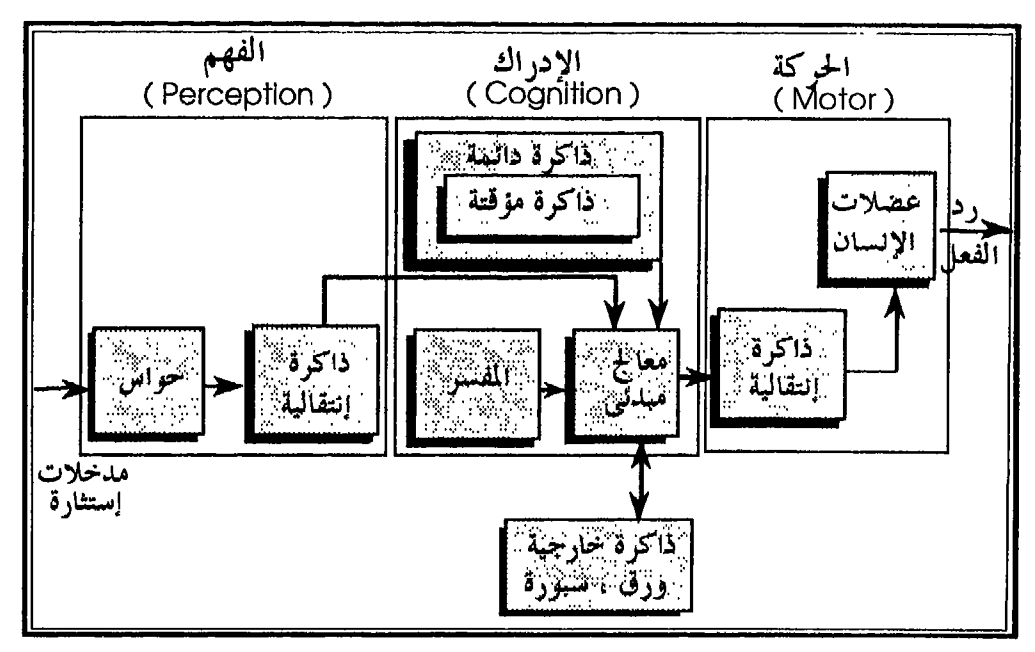
٢ - ٢ أسلوب الإنسان فى حل المشكلة

كما سبق أن ذكرنا ، فإن الهدف الرئيسى لنظم الذكاء الإصطناعى هو محاولة محاكاة ذكاء الإنسان باستخدام الحاسب. وتحقيق هذا الهدف يتطلب المعرفة التامة بكيفية تخزين الإنسان للمعرفة وكيفية إسترجاعه لها واستخدامها وكذلك طرق إكتسابها وكل هذه العمليات يتم دراستها باستفاضة فى علم المعرفة أو علم الإدراك (Cognitive Science). وتعتبر عملية حل المشكلة أو إتخاذ القرار بمثابة عملية معالجة للمعلومات (Information Processing) والتى تستخدم أسلوب الوصف النوعى(Qualitative Description) للطرق البشرية فى التفكير والإستنتاج. ومن نماذج المعالجة البشرية للمعلومات نموذج نيويل - سيمون (Newell - Simon). وهذا النموذج يستخدم طريقة تناظرية بين المعالجة بالحاسب ومعالجة الإنسان للمعلومات للوصول إلى نموذج قياسى يصف طريقة الإنسان فى حل المشاكل كذلك يساعد على فهم طريقة عمل نظم الذكاء الإصطناعى والقيود المفروضة على هذه النظم أثناء التشغيل. وفى نموذج سيمون يتكون النظام البشرى لمعالجة المعرفة من النظم الفرعية الآتية : نظام فرعى للفهم ونظام فرعى للإدراك ونظام فرعى محرك وذاكرة خارجية. والشكل (٢ - ٢) يوضح كلا من الذاكرة والمعالجة المستخدمان مع كل نظام فرعى.

ويلاحظ من الشكل أن المدخلات الخارجية الممثلة فى أى إستثارة لحواس الإنسان مثل العين أو الأذن تظل فى ذاكرة انتقالية إنتظارا للمعالجة عن طريق النظام الفرعى للإدراك. وتساعد هذه الذاكرة الإنتقالية فى الاحتفاظ بكم هائل من المعلومات حيث يقوم النظام الفرعى للإدراك باستخدام المناسب منها عند الحاجة لإتخاذ قرار معين.

وكما يحدث فى وحدة المعاجلة المركزية (CPU) فى الحاسب ، يقوم المعالج المبدئى باستدعاء هذه المعلومات عند الحاجة إليها فى حالة اتخاذ القرار ويقوم بتحويلها إلى الذاكرة قصيرة المدى أو المؤقتة (Short - Term Memory) وتتم هذه العملية بطريقة تكرارية فى صورة حلقات (Cycles) وفى كل حلقة يقوم المعالج باستدعاء المعلومات من الذاكرة الإنتقالية ثم يتم تقييمها وتخزينها فى الذاكرة. ويحتوى النظام الفرعى للمعرفة أو الإدراك (Cognitive Subsystem) على ثلاثة أجزاء وهى المعالج المبدئى ، الذاكرة قصيرة المدى (المؤقتة)(Short-term Memory) والذاكرة طويلة المدى(الدائمة) (Long-term Memory) ، والمفسر (Interpreter) الذى يقوم بتفسير أجزاء من (أو كل) تعليمات البرنامج الخاص بحل المشكلة وهذا البرنامج بدوره يعتمد على عدد من المتغيرات مثل المهام المطلوب إنجازها ودرجة ذكاء النظام الذى سوف يساعد فى حل المشكلة (Problem Solver). وهكذا نجد أن النظام الفرعى للمعرفة أو الإدراك هو همزة الوصل بين المدخلات عن طريق الحواس والمخرجات الحركية (Motor Output). وفى حالة إنجاز المهام المعقدة والتى تحتاج إلى قدر كبير من المعلومات يتم الإستعانة بالذاكرة طويلة المدى لاسترجاع مثل هذه المعلومات ويمكن الإستعانة بذاكرة خارجية (External Memory) إضافية مثل المعلومات المتاحة فى المراجع والكتب. ويتفوق الحاسب على الإنسان فى سرعة إسترجاع مثل هذه المعلومات من الذاكرة الخارجية أو فى تخزينها أو فى معالجتها كذلك فى تكامل البيانات الإحتمالية (Probabilistic Data) أثناء محاولة حل المشكلة. وتستطيع الأجيال الجديدة من الحاسب إستخدام أسلوب المعالجة المتسلسلة والمتوازية للمعلومات فى نفس الوقت مما يعنى تفوقا ملحوظا للحاسب على الإنسان فى هذا المجال لسرعته الفائقة كمايعنى أيضا إمكانية إستخدام الحاسبات فى مساندة ودعم عملية إتخاذ القرار أو حل المشاكل وبكفاءة عالية.

وفى النهاية وبعد عملية التمشيط والبحث خلال الذاكرة يقوم المعالج بإرسال المعلومات المطلوبة إلى الجزء الفرعى المحرك (Motor Subsystem) والذى يقوم بدوره بتحريك العضلات (Muscles) ويحدث رد الفعل العضلى كاستجابة للمدخلات التى استقبلتها الحواس.



شكل (٢-٢)

٢ - ٣ حل المشكلة باستخدام نظم الذكاء الإصطناعى

كما سبق الايضاح فإن التقنيات التطبيقية للذكاء الإصطناعى تهتم اهتماما أوليا بعمليات البحث والتقييم أثناء تنفيذ الخطوات السابق عرضها لحل أى مشكلة بهدف زيادة سرعة وآلية تنفيذ هذه العمليات بقدر الإمكان. وهناك العديد من آليات وطرق البحث المتاحة والمتعارف عليها ويمكن استخدام إحداها بواسطة الحاسب. بعض هذه الطرق شكلى (Formal) مثل طرق الأمثلة (Optimization) وتسمى الطرق التحليلية (Analytical) وطرق البحث الأعمى (Blind Search) وطرق الحدس (Heuristics) وبعضها غير شكلى (Informal) يعتمد على الإدراك التلقائى (Intuition) وسوف نستعرض فيما يلى هذه الطرق للوقوف على أهم مميزاتها والظروف الملائمة لاستخدام كل منها. أنظر شكل (٢-٣)

١ - طريقة الأمثلة (Optimization)

تهدف هذه الطريقة إلى محاولة الحصول على أفضل الحلول الممكنة عن طريق نمذجة المشكلة باستخدام أنماط رياضية تحدد نطاق المشكلة ومتغيراتها وصفاتها المميزة ثم تتم عملية التحقيق الأمثل باستخدام طريقة الدالة العتبية (Step Formula) أو باستخدام خوارزمية تقوم بالبحث خطوة خطوة ثم توليد الحلول واختبارها وتحسينها. وتستخدم طريقة التحقيق الأمثل

بطريقة مكثفة فى تقنيات أخرى غير تقنيات الذكاء الإصطناعى مثل بحوث العمليات (Operation Research) والرياضة التطبيقية.

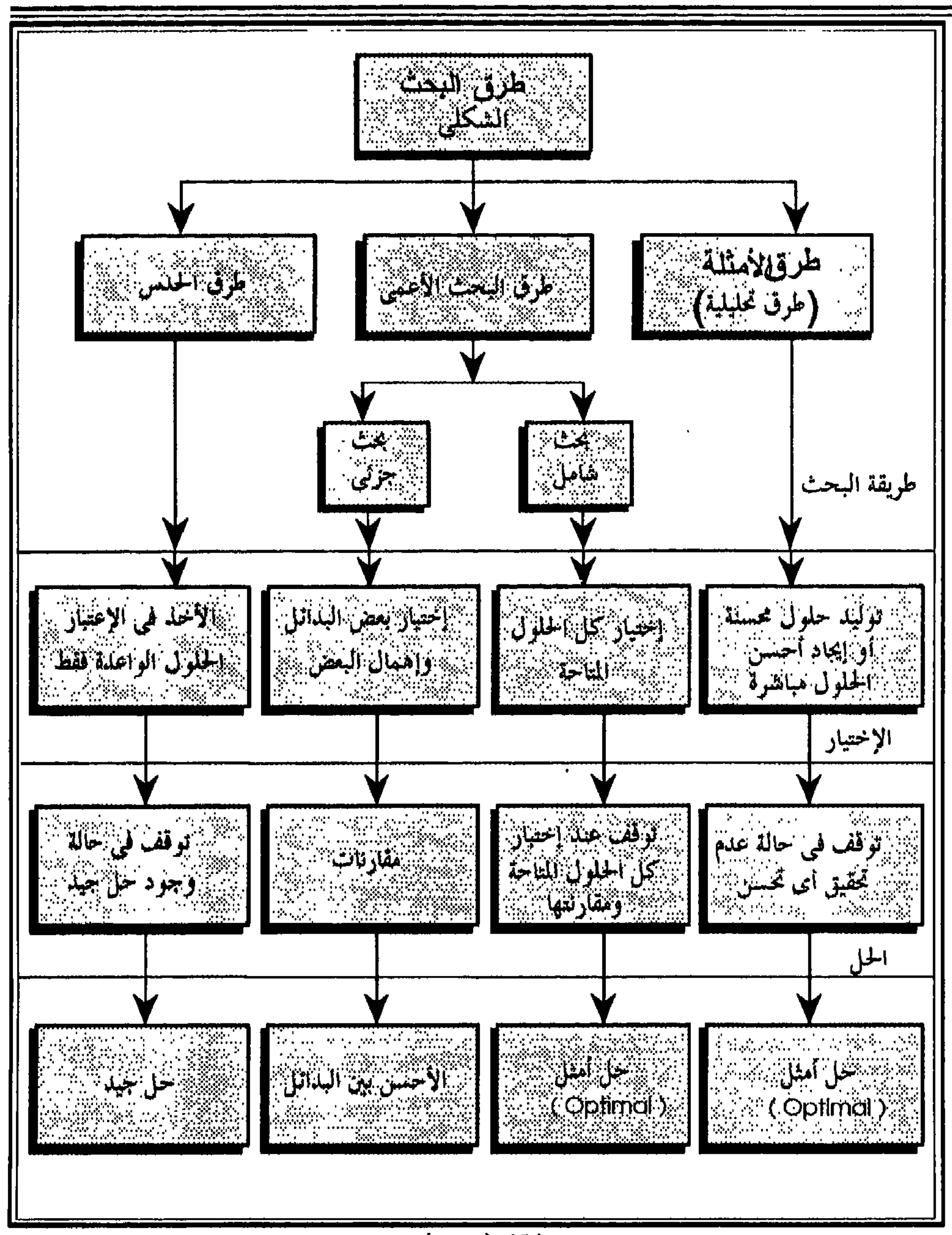
٢ - البحث الأعمى أو العشوائى (Blind Search)

قبل إجراء عمليات البحث عن حل معين يكون هناك تصور عام لهذا الحل يمثل هدفا (Goal) يرجى تحقيقه على سبيل المثال عند محاولة إقرار أو عدم إقرار تقديم قرض ما لشخص معين. والخطوات الممكنة والتى تبدا من الظروف (الشروط) الإبتدائية (Initial Conditions) وتنتهى بتحقيق الهدف تسمى خطوات البحث (Search Steps) وعملية حل المشكلة تتم بالبحث فى نطاق الحلول الممكنة وليس خارجه.

وتقوم طريقة البحث الأعمى بفحص البدائل (Alternatives) والأحداث (Events) المتعلقة بظروف الحل سواء كانت عملية البحث شاملة (Complete) أو جزئية (Partial) وهذه العملية تتم فى مسارات إختيارية (Arbitrary) غير موجهة ولهذا تتطلب وقتا كبيرا وسعة تخزينية عالية للحاسب المستخدم لذلك فهى غير عملية عند استخدامها فى محاولة حل مشكلة كبيرة نظرا لضخامة عدد الحلول المطلوب إختبارها قبل عملية الإختيار النهائية.

٣ - طريقة الحدس (Heuristic Search)

تعتمد هذه الطريقة على استخدام المعلومات الحدسية (Heuristic Information) كمعلومات بحثية موجهة لعملية البحث مما يوفر الوقت والجهد اللازمين لهذه العملية. والحدس هو القدرة على التعلم والاكتشاف ومن أدواته الملاحظة الثاقبة والإدراك التلقائى والقدرة على الحكم الصائب والإستنباط والإلهام. والبحث الحدسى أكثر سرعة وأقل تكلفة مقارنة بالبحث الأعمى أو العشوائى ويعطى حلولا جيدة بدرجة كافية (Good Enough) ويمكن أن يكون بعضها مقاربا للحل الأمثل وخاصة فى حالة التحليل الكمى (Quantitative Analysis). وبغض النظر عن طريقة البحث المستخدمة فإن عملية البحث نفسها فى مجال الذكاء الإصطناعى تتم بحيث تكون موجهة بالهدف (Goal - Directed) أو موجهة بالبيانات (Data - Directed). وتسمى الطريقة الأولى وهى طريقة البحث تجاه هدف محدد بطريقة البحث الراجع (Backward Search) لأنها تبدأ من الهدف المتوقع أو المفروض ثم تبحث خلال الإثباتات والبراهين (Evidences) التى تدعم هذا التوقع أو الإفتراض (Hypotheses). فمثلا : عندما نتوقع إنخفاضا مستقبليا فى المبيعات نتيجة إعتقادنا أن رأس المال المستثمر غير كاف فإن طريقة البحث تجاه الهدف هى التى سوف تحدد مصداقية هذا التوقع.



شكل (٢-٣)

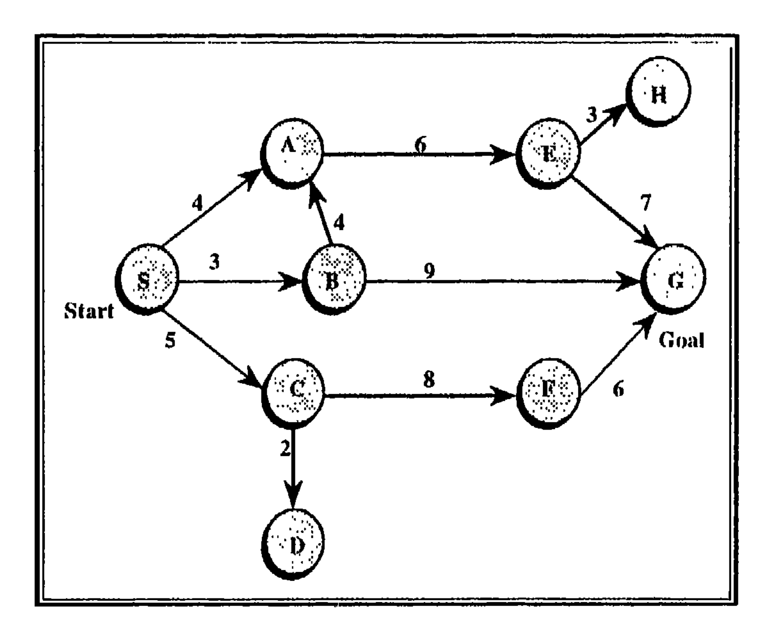
أما الطريقة الثانية وهى طريقة البحث تجاه البيانات فتسمى طريقة البحث المتقدم (Forward Search) لأنها تبدأ من المعلومات المتاحة أو من الحقائق وتحاول أن ترسم خط إستنتاجى للوصول إلى الهدف آخذة فى الإعتبار الظروف المحيطة. على سبيل المثال عند إنخفاض حجم مبيعات شركة ما فإن البحث يبدأ من الأسباب التى أدت إلى مثل هذا الإنخفاض.

وفى مجال الذكاء الإصطناعى ، وعلى العكس من الطرق النمطية لحل المشاكل مثل بحوث العمليات وعلم الإدارة أو نظم دعم القرار ، يتم توظيف طرق البحث العشوائية أو الطرق الحدسية فى محاولة البحث عن حل لمشكلة معينة ولذلك تمكن الإنسان من التعامل مع بعض المشاكل المعقدة التى فشلت فى حلها طرق البرمجة النمطية. وسوف نتناول بالشرح هاتين الطريقتين نظرا لأهميتهما ولكن يلزم قبل ذلك معرفة كيفية تمثيل المشكلة (Problem Representation) فى الذكاء الإصطناعى قبل تناول طرق البحث عن حلها.

٢ - ٤ تمثيل المشكلة فى الذكاء الإصطناعى

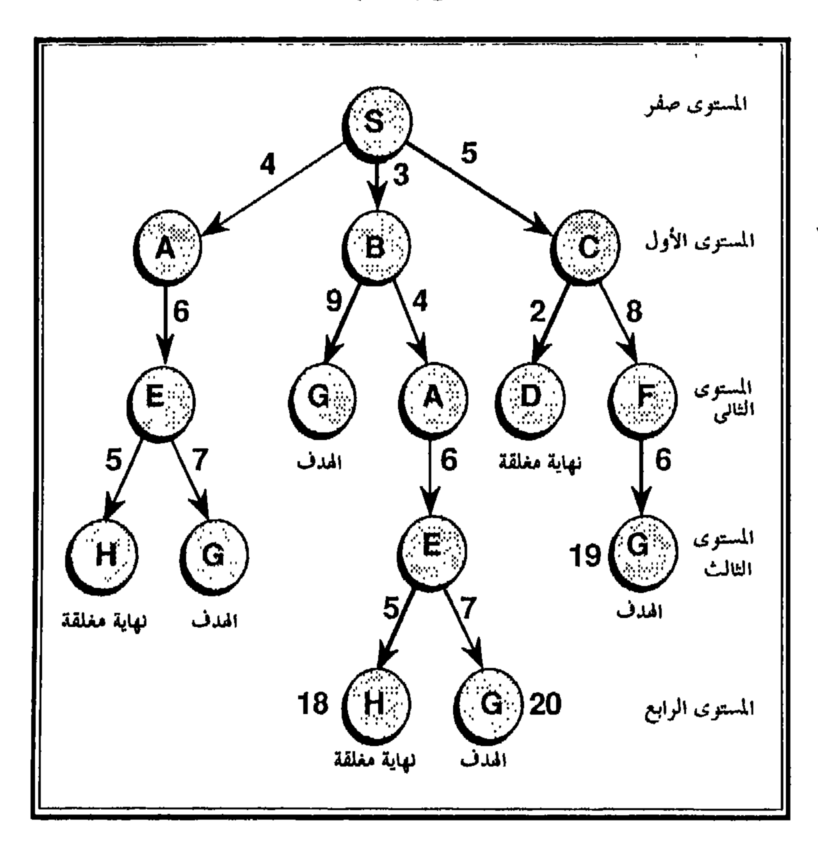
١ - التمثيل الجرافيكى : هناك طريقتان للتمثيل الجرافيكى للمشكلة ، طريقة الحالة الموجهة (Directed State Graph) وطريقة الشجرة البحثية والشكل (٢ - ٤) يوضح الحالة الموجهة وكيفية إستخدامها لإيجاد أفضل وأحسن المسارات بين المدينة (S) أو (Start) والمدينة (G) أو الهدف (Goal). وهذا الشكل هو عبارة عن خريطة توضح المدن المجاورة ممثلة باستخدام عقد (Nodes) والتى يمكن المرور عليها عند سلوك مسار معين والذى يمثل بخط آخره سهم يشير إلى نقطة الوصول أثناء محاولة الوصول إلى المدينة (G). وهناك العديد من البدائل فى هذه المشكلة ويجب تحديد أكثر هذه البدائل أهمية وليكن الوصول إلى الهدف فى أقل وقت ممكن أو إستخدام أقصر الطرق. ويمثل الوقت (Time) أو مسافة السفر (Distance) بين المدن برقم على الخط الواصل بينهم كما فى الشكل. ويلاحظ من هذا التمثيل إحتمال وجود مسار مغلق مثل المسار (S - B - A) والذى يؤدى إلى الدخول فى حلقة تكرارية مقفلة (Closed Loop) لايمكن الخروج منها عند برمجة هذه الطريقة وهذا يعنى مزيدا من الحرص عند القيام بعمليات البرمجة. لذلك يفضل إستخدام الشجرة البحثية كما يتضح من الشكل (٢ - ٥)

وتشبه هذه الشجرة فى بنائها التركيب الهرمى (Hierarchy Structure) ويلاحظ تكرار بعض العقد (Nodes) لتجنب الحلقات التكرارية (Repeated Loops) السابق شرحها. وتتكون الشجرة من عقدة الجذر (Root Node) والتى يتفرع منها عقد أخرى يسمى كل منها إبن (Child) وهذه العقد موجودة فى مستويات مرتبة تنازليا تبدأ بالمستوى صفر والذى يمثل العقدة الجذر ثم باقى المستويات والتى تحدد بدورها عمق الشجرة. وكل عقدة فى مستوى أعلى تعتبر أب (Parent) للعقدة المرتبطة بها فى المستوى الأدنى. على سبيل المثال العقدة (S) تعتبر أب بالنسبة للعقد (A , B , C) والعقدة (A) بدورها تعتبر أب للعقدة (E) وهكذا. والعقد التى ليس لها أبناء تسمى عقد ورقية (Leaf Nodes) وهى تحدد نهاية البحث فى مسار معين إما بالوصول إلى الهدف (G) أو الوصول إلى نهاية مغلقة (Dead End).



Start
Goal
S
A
B
C
D
E
F
G
H
4
3
5
6
4
9
8
2
3
7
6

شكل (٢-٤)



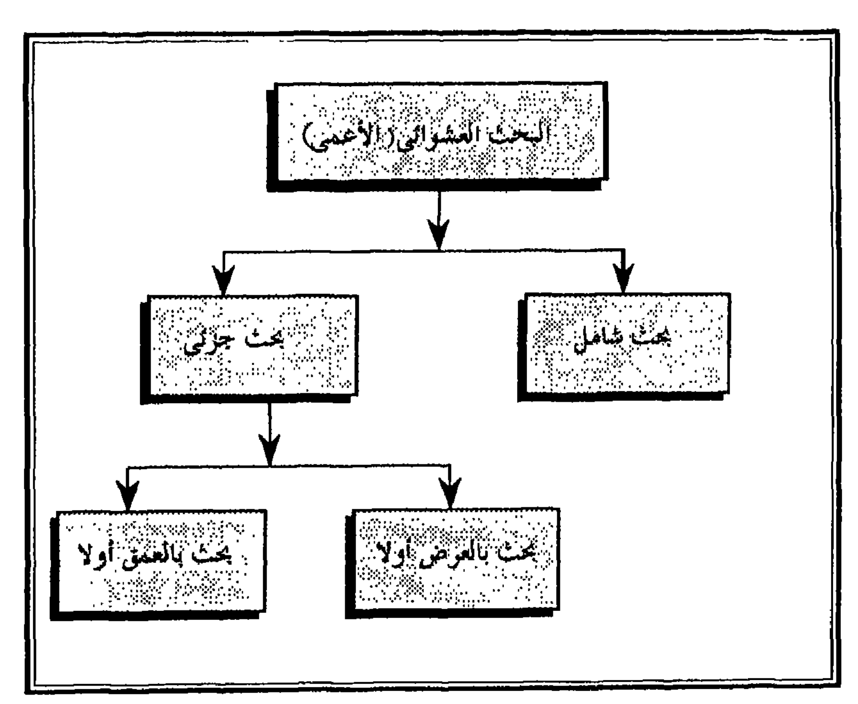
المستوى صفر
المستوى الأول
المستوى الثاني
المستوى الثالث
المستوى الرابع
الهدف
نهاية مغلقة
الهدف
الهدف
نهاية مغلقة
الهدف
نهاية مغلقة
الهدف
19
18
20

شكل (٢-٥)

وتساعد الطرق الجرافيكية لتمثيل المشكلة فى الفهم المنطقى لعمليات البحث عن حل وتحديد أى من الطرق السابق ذكرها يمكن إستخدامه. وفيما يلى شرح لأسلوب البحث المتبع فى كل طريقة مع التمثيل الجرافيكى للمشكلة.

٢ - ٥ طرق البحث العشوائى (الأعمى)

كما سبق أن ذكرنا فإن طرق البحث العشوائى أو الأعمى هى عبارة عن مجموعة من الإجراءات التى تستخدم بعشوائية للبحث خلال نطاق معين من الحلول المتاحة عن أنسب هذه الحلول كذلك سبق أن ذكرنا أن هذه الطريقة تنقسم إلى طريقة للبحث الشامل (Exhaustive Search) وطريقة للبحث الجزئى (Partial Search) والتى يمكن تقسيمها إلى طريقة البحث بالعرض أولا (Breadth First) وطريقة البحث بالعمق أولا (Depth - First)، أنظر شكل (٢-٦).

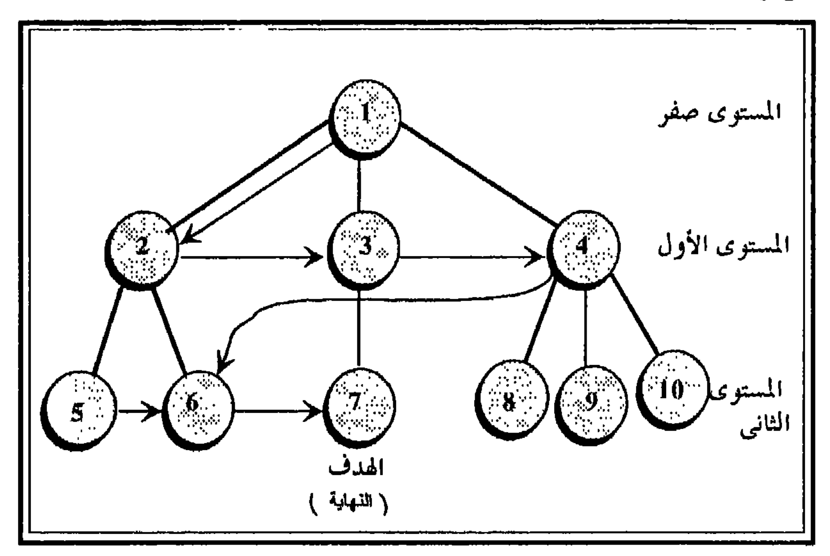


شكل (٢-٦)

وتهدف طريقة البحث الشامل إلى إختبار كل الشجرة البحثية بطريقة مرتبة ومتسلسلة للحصول على الحل المطلوب. وتستهلك هذه الطريقة وقتا كبيرا فى عملية البحث حتى فى وجود الحاسبات السريعة. على سبيل المثال عدد التحركات الممكنة فى لعبة الشطرنج هى (10^{20}) حركة وعند استخدام طريقة البحث الشاملة يجب إختبار كل هذه التحركات لاختيار أمثلها مما يعنى إستهلاك

وقت كبير جدا فى عملية البحث قبل تحديد هذا الإختيار لهذا يلجأ الإنسان إلى طريقة البحث الجزئية بنوعيها للتغلب على هذه المشكلة.

وفى طريقة البحث بالعرض أولا يتم اختبار كامل للعقد الموجودة فى نفس المستوى فى الشجرة البحثية بدءا بالعقدة الجذر. والشكل (٢ - ٧) يوضح طريقة البحث بالعرض أولا حيث يشير الرقم داخل كل عقدة إلى ترتيب العقدة أثناء عملية الإختبار ويشير الخط المتقطع لمسار الإختبار والذى ينتهى عند العقدة رقم (٧) وهى محطة الوصول إلى الهدف. أما طريقة البحث بالعمق أولا (Depth - First Search) فتبدأ بالعقدة الجذر ثم باتجاه العمق مرورا بكل المستويات حتى المستوى الأخير وتستمر هذه العملية حتى نصل إلى الحل المطلوب. والشكل (٢ - ٨) يوضح طريقة البحث بالعمق أولا.

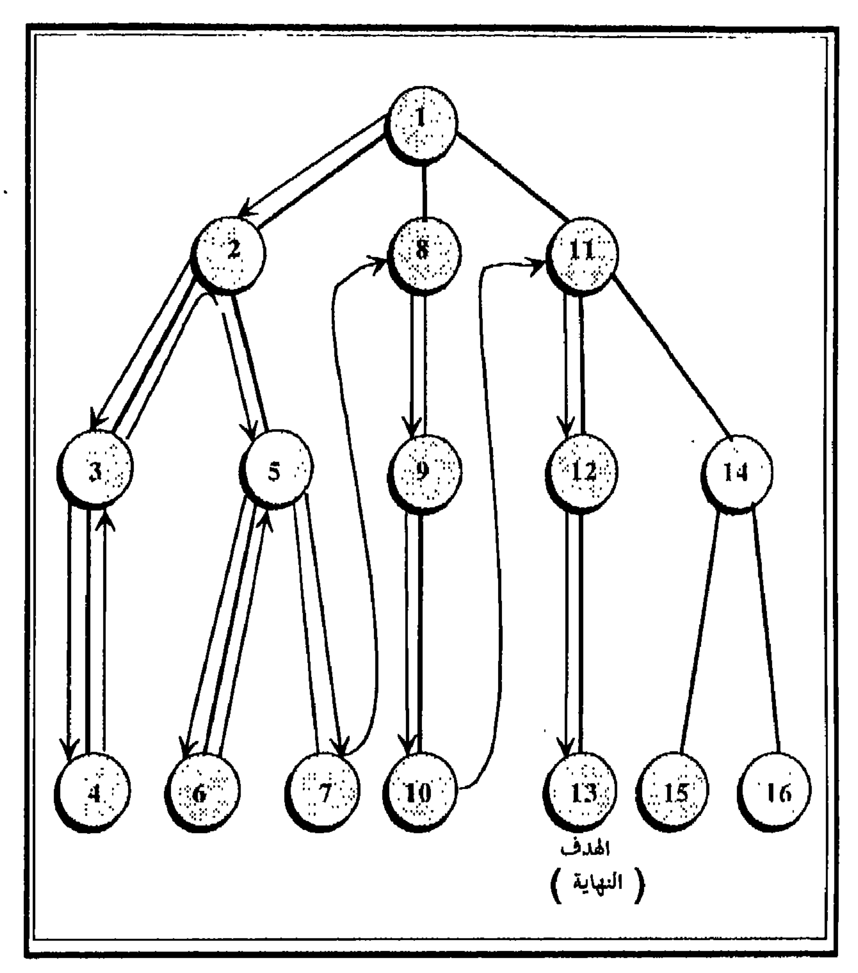


شكل (٢ - ٧)

٢ - ٦ طرق الحدس

تستخدم طرق البحث الحدسى للتغلب على مشكلة الزيادة الكبيرة فى عدد المرات اللازمة للبحث فى الطرق العشوائية قبل الوصول إلى الحل المناسب. وهذه الطرق تتميز بمرونة فائقة تساعدها فى التعامل مع التراكيب الصعبة والمشاكل المعقدة وهى أيضا ذات كفاءة عالية فى الحالات التى تكون فيها البيانات غير مطابقة للواقع (Unrealistic) أو غير كافية. وتتميز هذه الطرق بقدرة على التحليل النوعى (Qualitative Analysis) لذلك فهى تلائم حالات إتخاذ القرار. كما يمكن إستخدامها كجزء من إجراء تكرارى (Iterative Procedure) لضمان الوصول إلى الحل الأمثل والمناسب.

وعند تمثيل المشكلة باستخدام الشجرة البحثية تؤدى طرق الحدس إلى إنقاص حجم الشجرة وذلك بحذف العقد التى لايتوقع أن تساعد فى الوصول إلى الحل (Non Promising Nodes).

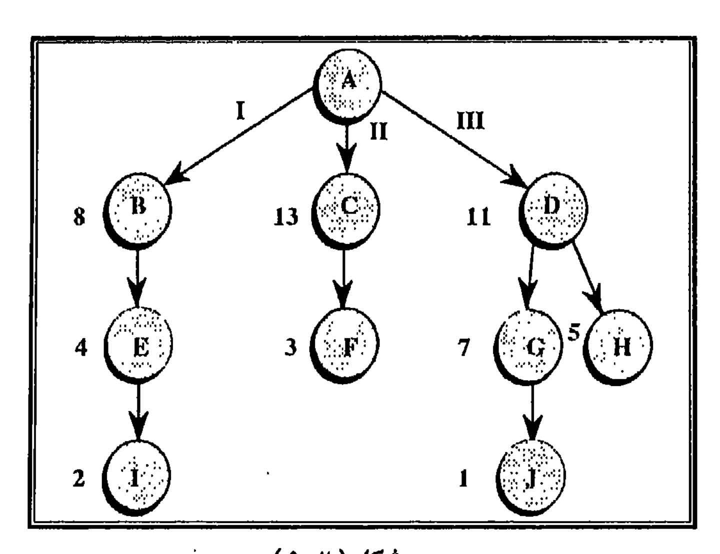


شكل (٢-٨)

على سبيل المثال : عند البحث عن شخص مفقود فى البحر فإن عملية البحث لاتتم فى البحر كله. وذلك لأن هناك عوامل المد والجذر وسرعة الرياح واتجاهها وهذه العوامل تساعد فى تحجيم منطقة البحث. ورغم أن هذه الطريقة لاتضمن العثور على الشخص المفقود ولكنها تعطى نتائج جيدة فى معظم الحالات وتوفر الوقت والجهد اللازمين لعملية البحث. وهذه الطريقة ليست من الطرق المثلى (Optimal) فى الحل لذلك يطلق عليها الطريقة التى تعطى حلولا جيدة وبدرجة كافية (Good Enough). وتتمثل المشكلة التى تواجه الإنسان عند استخدام هذه الطريقة فى تحديد العوامل التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار والعوامل التى يمكن إهمالها. ويمكن التغلب على هذه

المشكلة باستخدام إحدى الطرق التمثيلية (Representative Approaches) وهـو مـاتوفره طـرق الحدس.

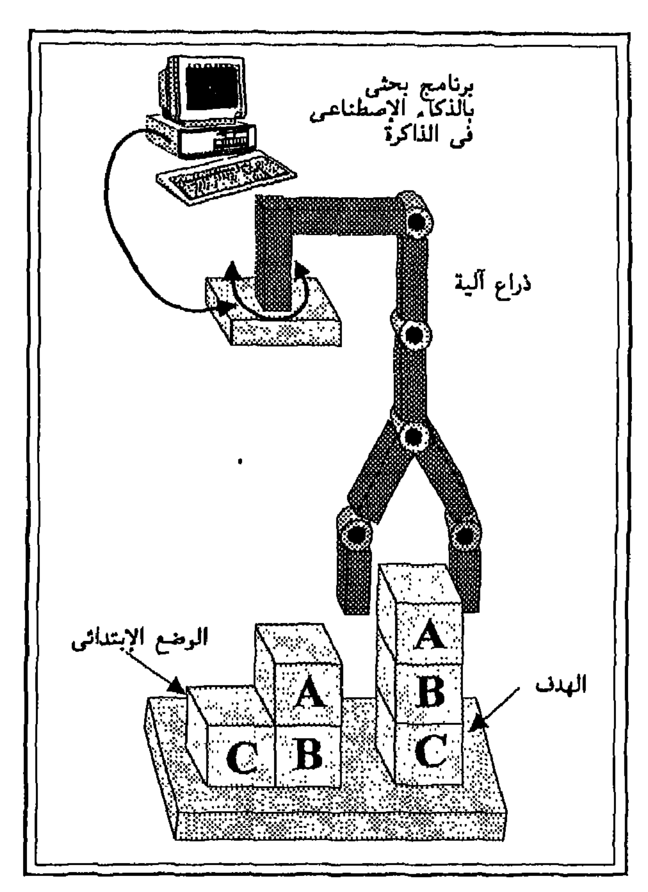
وهناك العديد من طرق الحدس نذكر منها طريقة التوليد والإختبار (Generate and Test) حيث يتم توليد عدد من الحلول عن طريق إستخدام مجموعة من القواعد (Rules) ثم اختبار هذه الحلول لاختيار أحسنها. وهناك أيضا طريقة تسلق الهضاب (Hill Climbing) وهي تشبه طريقة البحث العشوائي بالعمق أولا ولكن المسارات لايتم اختيارها بعشوائية ولكن عن طريق علاقتها التقريبية بالحل المنشود. والشجرة البحثية في شكل (٢-٩) توضح هذه الطريقة من خلال مثال لعملية إنتاج منتج معين حيث يلاحظ أن كل عملية من عمليات الإنتاج (I , II , III) يمكن أن تستمر لعدة مراحل ولذلك توجد ثلاثة مستويات من العقد (Nodes) تمثل حالات مختلفة للمنتج وبجانب كل عقدة رقم يوضح عدد القطع المنتجة التي بها عيوب وعدد هذه القطع يقل بزيادة عدد مستويات التمثيل والهدف هو إيجاد طريقة للإنتاج بأقل عدد من القطع التي بها عيوب تصنيع. فإذا كان هذا العدد هو (٢) فإن طريقة البحث العشوائي بالعمق أولا توصل إلى الحل بسرعة عن طريق المسار (A - B - E - I) أما إذا كان العدد المطلوب هو (١) فإن طريقة البحث العشوائي بالعمق تؤدي إلى المرور على كل العقد في الشجرة لذلك نستخدم طريقة تسلق الهضاب حيث يتم مقارنة العقد (B , C , D) ونبدأ البحث في الفرع (I) حيث يوجد أقل عدد من القطع ذات العيوب (٨ قطع). ونتيجة عدم إكتشاف أي عقد تحقق الهدف يتم العودة إلى الفرع (III) لأن العدد الخاص بالعقدة (D) (١١) قطعة أقل من العدد الخاص بالفرع (II). وينتقل البحث من (D) إلى (H) ثم يعود مرة ثانية إلى (D) ثم إلى المسار (D - G - J) حيث يصل إلى الهدف المنشود ويلاحظ أن البحث لم يسلك المسار (A - C - F) وهذا يعني أن هذه الطريقة أسرع من طريقة البحث العشوائي.



شكل (٢-٩)

٢ - ٧ مثال لعملية بحث

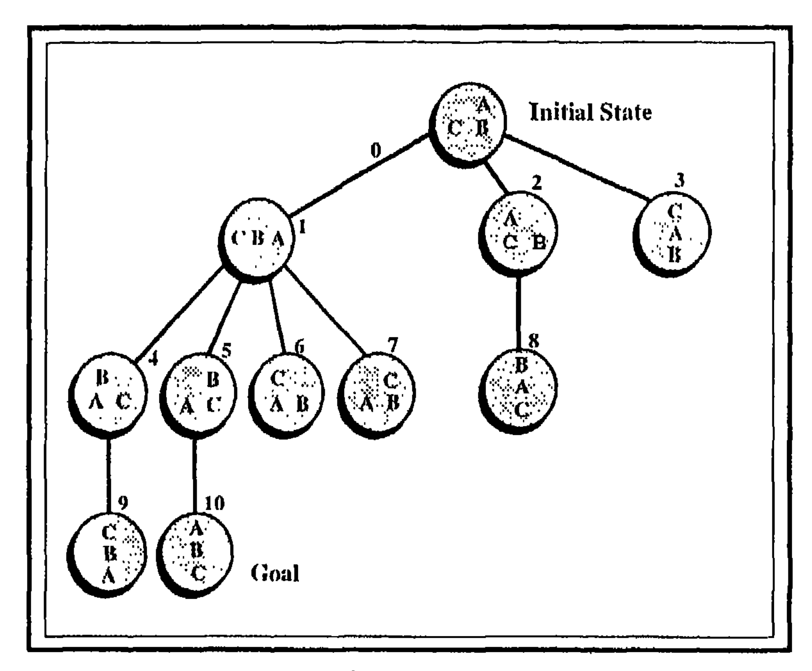
لفهم طريقة شجرة البحث فى تمثيل عملية البحث سوف نتناول بالشرح المثال الآتى : الذراع الآلية الموضحة فى شكل (٢ - ١٠) يمكن التحكم فيها عن طريق الحاسب والمطلوب إستخدامها لتحريك المكعبات من الوضع الإبتدائى (A - C - B) إلى الوضع النهائى (A - B - C) الموضح بالشكل. فإذا كانت كل حركة نقل تؤدى إلى نقل مكعب فوق مكعب آخر أو فوق سطح المكتب فإن شجرة البحث الكاملة لهذه المشكلة يمكن تكوينها أى تحديد كل التحركات الممكنة بدءا من الوضع الإبتدائى ووصولا إلى الهدف كما يتضح من الشكل (٢ - ١١). ويلاحظ أن العقدة (١) يتم الحصول عليها بتحريك المكعب (A) من سطح المكعب (B) إلى سطح المكتب والعقدة (٢) نحصل عليها بنقل المكعب (A) أعلى (C) والعقدة (٣) بنقل (C) أعلى (A) وهكذا حتى نحصل على باقى العقد.



شكل (٢ - ١٠)

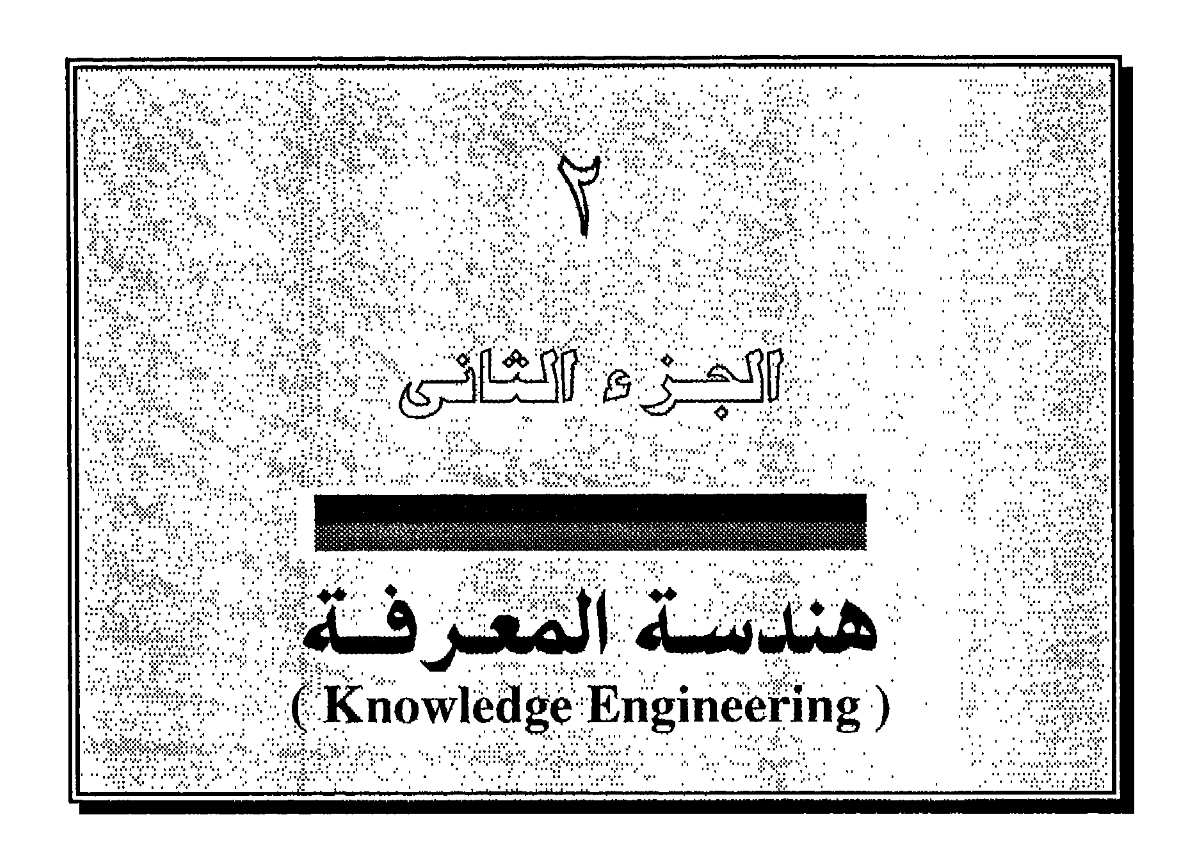
وتقوم فكرة البحث على أساس الوصول إلى الهدف بأقصى سرعة ممكنة وبأقل عدد من التحركات. فباستخدام طريقة البحث بالعمق أولا (Depth First) يكون المسار هو (10 - 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0) وبطريقة العرض أولا (Breadth First) يكون المسار هو (10 - 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0).

أى أن الطريقة الأولى تعطى الحل بعد الإنتقال عبر ٧ عقد بينما تعطى الطريقة الثانية نفس الحل بعد ١٠ عقد وهذا يعنى أن طريقة البحث بالعمق أولا أسرع من طريقة البحث بالعرض أولا وأقل تكلفة.



شكل (٢-١١)





٢

الجزء الثانى

هندسة المعرفة

(Knowledge Engineering)



مقدمة

فى الجزء الأول أوضحنا أن الذكاء الإصطناعى هو أحد علوم الحاسب التى تهتم بإنشاء برمجيات ومكونات مادية قادرة على محاكاة السلوك البشرى. أو بمعنى آخر هو علم يهدف إلى محاكاة بعض عمليات الإدراك والإستنتاج المنطقى التى يجيدها الإنسان بشكل آلى وسرعة عالية كذلك إنجاز العديد من المهام الصعبة والمعقدة التى كانت تتم يدويا وذلك باستخدام تقنيات الذكاء الإصطناعى المتقدمة.

وتشمل معظم تطبيقات الذكاء الإصطناعى(AI) عمليات معالجة المعرفة(Knowledge Processing) التى تعتبر جزءا من موضوع أشمل يطلق عليه هندسة المعرفة (Knowledege Engineering) وينتج عن معالجة المعرفة تكوين مايطلق عليه قاعدة المعرفة (Knowledge Base).

ويمكن تعريف هندسة المعرفة على أنها فن استخدام المبادىء (Principles) والأدوات (Tools) الخاصة بأبحاث الذكاء الإصطناعى لحل مشاكل التطبيقات الصعبة التى تحتاج لمعلومات الخبراء (Experts) لحلها. وتعتبر آلية إكتساب هذه المعرفة وتمثيلها واستخدامها بطريقة مناسبة لبناء وشرح طرق الإستنتاج المنطقى من العوامل الهامة جدا فى مجال هندسة المعرفة وخاصة مجال النظم المبنية على المعرفة (Knowledge - Based Systems).

وتشمل هندسة المعرفة مهاما عديدة تبدأ بجمع المعرفة من الناس أو من المصادر الموثقة (Documented Sources) فى عملية تسمى إكتساب المعرفة وهى إما يدوية (Manually) أو آلية (Automatic) ثم تنظم هذه المعرفة المجمعة فى قاعدة المعرفة. والإستفادة من هذه المعرفة تتم باستخدام أسلوب الإستنتاج المنطقى (Reasoning) أو الإستدلال (Inferencing) أو الإجراءات (Procedures).

وتتم معالجة المعرفة بفرض قدر معين من الثقة أو المصداقية (Certainty) وهناك العديد من الإجراءات المتاحة لمعالجة المعرفة غير المؤكدة (Uncertain Knowledge) سيتم استعراضها فى هذا الجزء.

ومن الأهداف الرئيسية لهندسة المعرفة بناء برامج مستقلة تتيح التغيير والإضافة في وحدة مستقلة واحدة دون التأثير على عمل باقي الوحدات الأخرى المستقلة. ويعني ذلك فصل تراكيب المعرفة (Knowledge Structures) عن آليات التحكم (Control Mechanisms). وهناك هدف رئيسي آخر هو الحصول على برنامج يستطيع شرح وتحقيق عمل معين.

ونجاح نظم الذكاء الإصطناعي لايعتمد فقط على المعرفة المكتسبة بل على طريقة تمثيل هذه المعرفة في الحاسب وهذا التمثيل هو الذي يحدد طريقة الإستنتاج المنطقي المتبعة.

ويتكون هذا الجزء من أربعة فصول حيث يعالج الفصل الأول عملية إكتساب المعرفة ويوضح أنواع المعرفة ومصادر المعرفة ومصاعب إكتساب المعرفة ووسائل التغلب على هذه المصاعب والمهارات المطلوبة لمهندسي المعرفة والطرق المختلفة لإكتساب المعرفة والأدوات المساعدة المستخدمة في ذلك. ثم ينتقل الفصل الثاني إلى تمثيل المعرفة والوسائل المختلفة لذلك مثل التمثيل المنطقي والشبكات الدلالية والقوائم والأشجار وقواعد الإنتاج والهياكل أو الأطر. وينتقل الفصل إلى شرح عملية الإستدلال والشرح في نظم الذكاء الإصطناعي ويوضح أنواع الإستنتاج مثل الإستنتاج الإستنباطي والاستنتاج الإستقرائي والإستنتاج التناظري كما يشرح التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع وشجرة الإستدلال والشرح. وينتقل الفصل الرابع إلى مفهوم عدم المصداقية (Uncertainty) ويوضح طرق تمثيل عدم الثقة مثل التمثيل العددي والتمثيل الجرافيكي والتمثيل المرمز وكذلك طرق معالجة عدم الثقة وبعض النظريات المستخدمة لذلك مثل نظرية بايزمان ونظرية الدليل لديمبستر وشيفر ومعاملات الثقة ومنطق فازي.

الفصل الثالث

إكتساب المعرفة

(Knowledge Acquisition)



يمكن النظر إلى عملية إكتساب المعرفة على أنها عملية إستخراج وبناء وتنظيم المعلومات من مصدر أو أكثر. وتعتبر هذه العملية من وجهة نظر الباحثين والمطورين بمثابة عنق الزجاجة بالنسبة لعمليات تطوير النظم الخبيرة (ES) ونظم الذكاء الإصطناعى (AI) الأخرى.

٣ - ١ هندسة المعرفة (Knowledge Engineering)

يمكن تعريف نشاطات هندسة المعرفة على أنها فن استخدام المبادىء (Principles) والأدوات (Tools) الخاصة بأبحاث الذكاء الإصطناعى لحل مشاكل التطبيقات الصعبة التى تحتاج لمعلومات الخبراء (Experts) لحلها. وتعتبر آلية إكتساب هذه المعرفة وتمثيلها واستخدامها بطريقة مناسبة لبناء وشرح طرق الإستنتاج المنطقى من العوامل الهامة جدا فى مجال هندسة المعرفة وخاصة مجال النظم المبنية على المعرفة (Knowledge - Based Systems).

ويمكن النظر إلى هندسة المعرفة من زاويتين ، زاوية تفصيلية وزاوية إجمالية. من الزاوية التفصيلية ، تتعامل هندسة المعرفة مع إكتساب المعرفة ، التمثيل ، التحقيق ، الشرح ، الصيانة والإستنتاج. أما من الزاوية الإجمالية فإن هندسة المعرفة تقوم بوصف العملية الكاملة لتطوير واستمرارية وصيانة نظم الذكاء الإصطناعى. ولتحقيق فائدة كبيرة للقارىء سوف نركز فى هذا الجزء على ما يتعلق بنظرتنا لهندسة المعرفة من الزاوية التفصيلية.

تشتمل هندسة المعرفة على التعاون بين الخبراء العاملين فى نطاق هندسة المعرفة لترتيب ووضع القواعد ، أو أى طرق إجرائية أخرى تستخدمها الخبرة الإنسانية لحل المشاكل الواقعية. ودائما مايكون لهندسة المعرفة تأثير متضامن لأن معالجة المعرفة التى يقوم بها الخبراء تكون دائما غير مبنية وليست مشروحة بوضوح. لذلك ظهرت الحاجة إلى بناء قاعدة معرفة لمساعدة الخبراء فى صياغة معرفة كل منهم وتحديد الإختلاف بينهم.

ومن الأهداف الرئيسية لهندسة المعرفة بناء برامج مستقلة تتيح التغيير والإضافة فى وحدة مستقلة واحدة دون التأثير على عمل باقى الوحدات الأخرى المستقلة. ويعنى ذلك فصل تراكيب المعرفة (Knowledge Structures) عن آليات التحكم (Control Mechanisms). وهناك هدف رئيسى آخر هو الحصول على برنامج يستطيع شرح وتحقيق عمل معين.

ونجاح نظم الذكاء الإصطناعى لايعتمد فقط على المعرفة المكتسبة بل على طريقة تمثيل هذه المعرفة فى الحاسب وهذا التمثيل هو الذى يحدد طريقة الإستنتاج المنطقى المتبعة.

٣ - ١ - ١ مكونات عملية هندسة المعرفة

تشمل عملية هندسة المعرفة خمسة نشاطات يمكن تلخيصها فى الآتى :

١ - إكتساب المعرفة (Knowledge Acquisition)

يشمل هذا النشاط إكتساب المعرفة من الخبراء ، الكتب ، الوثائق ، أدوات الإستشعار (Sensors) أو ملفات الحاسب. ويمكن توصيف المعرفة لتناسب نطاق مشكلة معينة والطرق الإجرائية لحل هذه المشكلة أو يمكن توصيفها كمعرفة عامة.

٢ - تمثيل المعرفة (Knowledge Representation)

المعرفة المكتسبة يتم تنظيمها بعملية تسمى تمثيل المعرفة والتى تشمل إعداد خريطة المعرفة (Knowledge Map) وحل وتشفير المعرفة الموجودة فى قاعدة المعرفة.

٣ - تصحيح المعرفة (Knowledge Validation)

يتم تصحيح وتحقيق المعرفة الموجودة فى القاعدة باستخدام حالات اختبار (Test Cases) للوصول إلى جودة مقبولة.

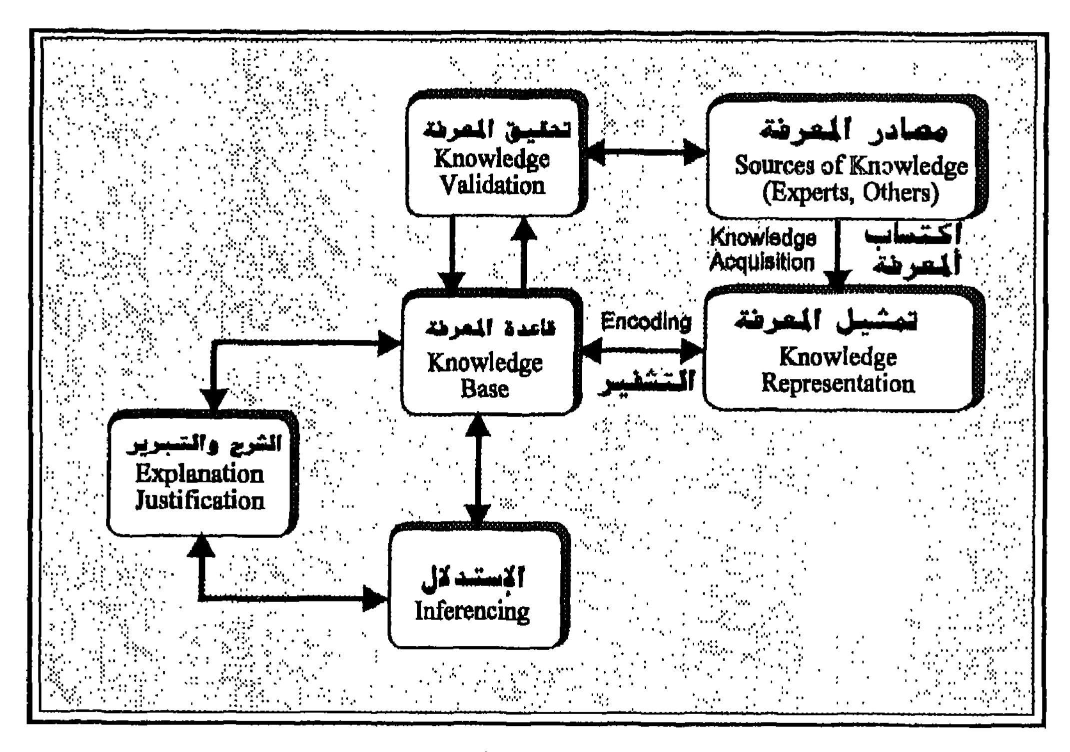
٤ - الإستدلال (Inference)

يشمل هذا النشاط تصميم البرمجيات التى تمكن الحاسب من القيام بعمليات الإستدلال المبنية على المعرفة ثم إسداء النصح للمستخدم فى موضوع معين.

٥ - الشرح والتبرير (Explanation and Justification)

يحتوى هذا النشاط على تصميم وبرمجة القدرة على الشرح. على سبيل المثال : القدرة على برمجة الإجابة على الأسئلة مثل لماذا يحتاج الحاسب إلى معلومات معينة ؟ وكيف يمكن الوصول إلى إستنتاج معين عن طريق الحاسب ؟

وهكـذا فـإن نشـاطات هندسـة المعرفـة والعلاقـات بيـن هـذه النشـاطات يمكـن تمثيلهـا كمـا يتضـح مـن الشـكل (٣-١).



شكل (٣-١)

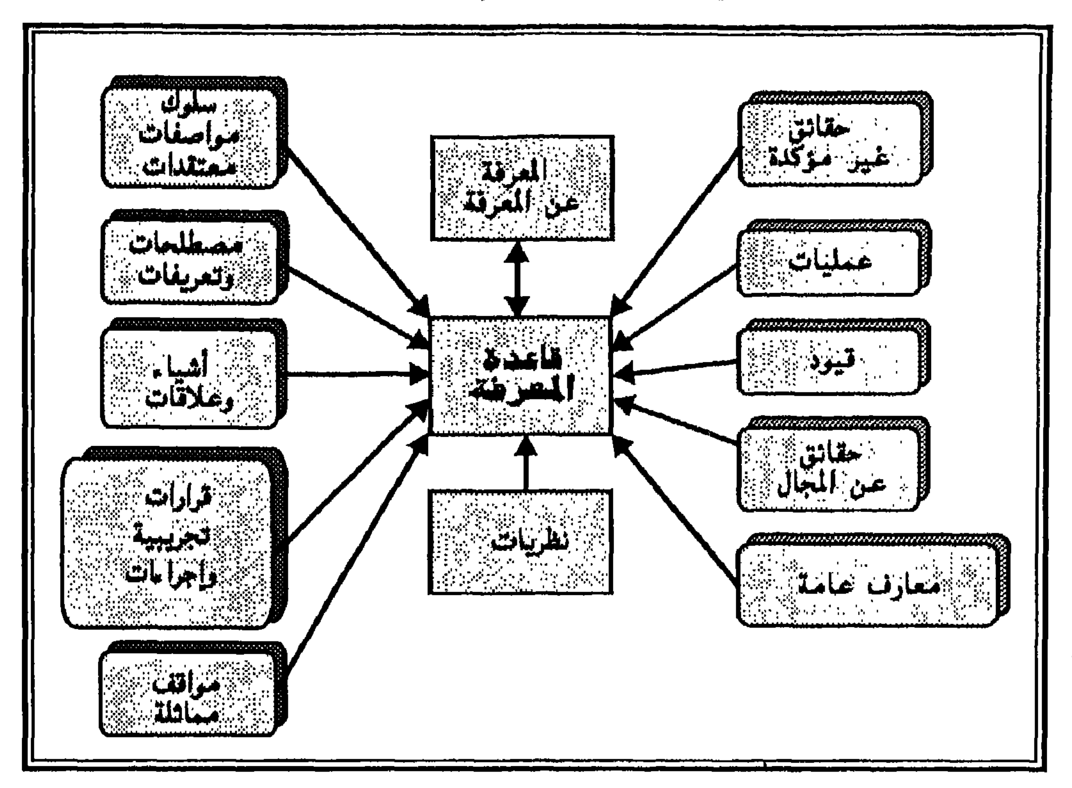
٣ - ١ - ٢ مجال المعرفة (Scope of Knowledge)

إكتساب المعرفـة هـو اسـتخراجها مـن مصـادر الخـبرة ونقلهـا إلـى قـاعدة المعرفـة أو إلـى آلـة الإسـتدلال (Inference Engine) وتتـم عمليـة الإكتسـاب فـى الواقـع خـلال عمليـة التطويـر بالكـامل. والمعرفـة هـى تجميـع للحقـائق الخاصـة والإجـراءات والقواعـد الحاكمـة (Judgment Rules) والشـكل (٣-٢) يوضـح بعـض أنـواع المعرفـة المسـتخدمة فـى نظـم الذكـاء الإصطنـاعى وهـى إمـا مـن مصـدر واحـد أو عـدة مصـادر.

٣ - ١ - ٣ مصادر المعرفة (Sources of Knowledge)

تتـم عمليـة تجميـع المعرفـة مـن عـدة مصـادر مثـل الكتـب ، الأفـلام ، قواعـد البيانـات ، الصـور ، الخرائـط ، مخططـات الأنسـياب ، القصـص ، أو السـلوك المراقـب. وهـذه المصـادر يمكـن تقسـيمها إلـى نوعيـن : مصـادر موثقـة ومصـادر غـير موثقـة والتـى تخـزن وتبقـى فـى

ذاكرة الإنسان. ويمكن استخدام حواس الإنسان أو الآلات في تجميع وتعريف المعرفة ويعتبر تعدد مصادر المعرفة وتنوعها من أسباب صعوبة إكتساب هذه المعرفة.



شكل (٣-٢)

٣ - ١ - ٤ مستويات المعرفة

هناك مستويات للمعرفة يمكن تصنيفها حسب عمق المعرفة إلى المعرفة الضحلة (Shallow Knowledge) والمعرفة العميقة (Deep Knowledge).

١ - المعرفة الضحلة (السطحية) (Shallow Knowledge)

هذه المعرفة تمثل العلاقات بين المدخلات والمخرجات للنظام مثل التمثيل باستخدام جملة الشرط (IF - THEN)

IF gasoline tank is empty THEN car will not start

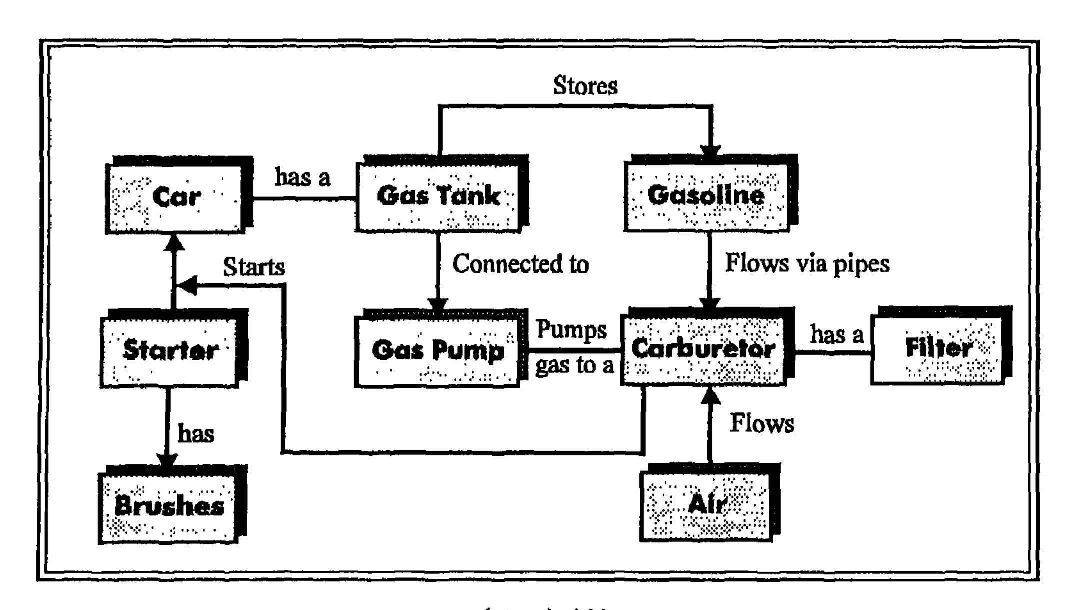
والتمثيل السطحي محدد جدا وليس له صلة مباشرة بنظرة الخبراء للنطاق وحل المشكلة لعدم قدرته على وصف المواقف المعقدة.

٢ - المعرفة العميقة (Deep Knowledge)

تعتمد حلول الإنسان للمشاكل التى تواجهه على المعرفة العميقة للموقف. وتشير المعرفة العميقة دائما إلى البناء الداخلى والبناء السببى للنظام (Causal Structure) وتأخذ فى الإعتبار التفاعل بين مكونات النظام. وتبنى المعرفة العميقة على الجسم المتكامل المترابط (Cohesive) للوعى الإنسانى الذى يحتوى على المشاعر والأحاسيس المشتركة والمعرفة الفورية.

وهذا النوع من المعرفة صعب برمجته لذلك يجب على مصمم النظام الإلمام والفهم التام والكامل للعناصر الأساسية وتداخلها بنفس الطريقة الطبيعية المستخدمة لإنتاجها. وحتى الآن لم يستطع الإنسان إنجاز مثل هذه المهمة ولذلك يوجد بعض القصور فى إمكانية تمثيل المعرفة العميقة بطريقة كاملة تعتمد على الحاسب.

ومع ذلك فإن تمثيل هذا النوع من المعرفة باستخدام الحاسب تم بطريقة أعمق بكثير من تمثيل المعرفة السطحية. ولتوضيح ذلك نرجع ثانية إلى مثال السيارة السابق. لمعرفة المستوى الأعمق الذى يمثل العلاقة بين عدم وجود بنزين والسيارة التى لاتستطيع الحركة يلزم معرفة الأجزاء المختلفة للسيارة التى يمر خلالها البنزين مثل الأنابيب ، المضخة ، المرشحات ، ... الخ. والشكل (١٤ - ٣) يوضح رسما تخطيطيا لمثل هذا النظام.



شكل (٣-٣)

ولتمثيل هذا النظام والمعرفة الخاصة به بطريقة عملية فإننا نستخدم طريقة تمثيل خاصة مثل الأطر أو الهياكل (Frames) والشبكات الدلالية (Semantic Networks). وهذه الطرق تسمح بتنفيذ الإستنتاج المنطقى ولمستويات عميقة باستخدام التجريد (Abstraction) والتناظر (Analogy).

٣ - ١ - ٥ أصناف المعرفة (Categories of Knowledge)

يمكن تصنيف المعرفة فى خمسة فئات هى :

١ - المعرفة المعلنة (Declarative Knowledge)

هى تمثيل وصفى (Descriptive) للمعرفة يدلنا على حقائق عن ماهية الأشياء (What things are ?) ويعبر عنها فى جمل حقيقية مثل " هناك علاقة إيجابية بين التدخين والسرطان ". ويقوم خبراء النطاق (Domain Experts) بإخبارنا بالحقائق والعلاقات. وهذا النوع من المعرفة يعتبر من الأنواع السطحية (Shallow) التى يمكن للخبراء صياغتها. وتظهر أهمية المعرفة المعلنة فى المراحل الإبتدائية (Initial Stages) من مراحل إكتساب المعرفة.

٢ - المعرفة الإجرائية (Procedural Knowledge)

تهتم المعرفة الإجرائية بالحالات التى تعمل بها الأشياء تحت ظروف مختلفة. على سبيل المثال : إحسب النسبة بين قيمة النصيب والمكسب لكل نصيب (Earning per Share) وإذا كانت هذه النسبة أكبر من (١٢) إفحص واختبر جدول الموازنة.

هكذا تحتوى المعرفة الإجرائية على مراحل تتم خطوة خطوة ووفقا لتعليمات معينة ومحددة ويمكن أيضا أن تحتوى على شرح وتوضيح وأيضا على رد الفعل الآلى (Stimuli) ويمكن استخدامها فى معرفة كيفية استخدام المعرفة المعلنة فى عمليات الإستدلال (Inferences).

٣ - المعرفة الدلالية (Semantic Knowledge)

تعكس المعرفة الدلالية التركيب الإدراكى (Cognitive Structure) الذى يستخدم الذاكرة الدائمة. وهذه المعرفة تكون حول الآتى :

- الكلمات والرموز الأخرى.
- معانى الكلمات والرموز وقواعد استخدامها.
- مراجع الكلمات والرموز والعلاقات الداخلية بينها.
- خوارزميات تشغيل الرموز.

٤ - المعرفة الذاتية (Episodic Knowledge)

هى تاريخ الحياة مكتوبا بواسطة شخص ما ، به خبرته الشخصية وهى معرفة كامنة فى الذاكرة الدائمة وعادة يتم تصنيفها حسب الزمان والمكان.

٥ - المعرفة المزدوجة (Metaknowledge)

هى المعرفة عن المعرفة. فمثلا فى نظم الذكاء الإصطناعى يعنى هذا المصطلح المعرفة عن عمل النظم المبنية على المعرفة أى المعرفة عن مدى قدرتها على الإستنتاج المنطقى.

٣ - ٢ مصاعب إكتساب المعرفة

إن عملية نقل المعلومات من شخص لآخر يشوبها بعض الصعوبات. ويستخدم لذلك آليات عديدة منها الكلمات المكتوبة ، الصوت ، الصور ، الموسيقى وكلها آليات ليست كاملة. والمصاعب التى يواجهها الإنسان فى نقل المعلومات باستخدام نظم الذكاء الإصطناعى كثيرة ومتنوعة وفيما يلى شرح مبسط لهذه المصاعب.

٣ - ٢ - ١ المشاكل المصاحبة لنقل المعرفة

١ - التعبير عن المعرفة

عند حل مشكلة معينة يقوم الخبراء بإجراء عملية من خطوتين. أولا ، يقوم الخبراء بوضع معلومات عن العالم الخارجى داخل العقل ، هذه المعلومات يتم جمعها عن طريق الحواس أو يتم استرجاعها من الذاكرة. ثانيا ، يستخدم الخبراء وسائل معينة لمعالجة هذه المعلومات للحصول على نتائج تكون عبارة عن توصيات (Recommendations). وهذه العملية عملية داخلية لايشرح فيها الخبير وسيلته فى اتخاذ القرار أو خبراته الداخلية المساعدة فى ذلك. وصعوبة ذلك تكمن فى إعتماد الخبير على إحساسه الشخصى ، أفكاره ، ذاكرته ، مشاعره . ولأن الخبير غالبا لايدرك

تفاصيل هذه العملية ويستخدم طرقا عديدة ومختلفة فى حل مشاكل الحياة الحقيقية فهو لايستطيع تحديد خطوط واضحة لعملية الإستنتاج المنطقى التى يقوم بها.

٢ - نقل المشكلة إلى الآلة

تنظيم المعلومات بطريقة معينة يستدعى نقلها إلى الآلة. وتحتاج الآلة إلى شرح مفصل للمعلومات أكثر مايحتاج الإنسان. ولأن الإنسان لايستطيع ذهنيا إستحضار كل الخطوات اللازمة لعملية معالجة المعرفة وبطريقة فورية لذلك يحدث عدم توافق (Mismatch) بين الحاسبات والخبراء.

٣ - عدد المشاركين

فى النقل العادى للمعرفة يوجد مشاركان فقط هما المرسل والمستقبل أما فى نظم الذكاء الإصطناعى فيوجد أربعة مشاركين بالإضافة إلى الحاسب ، وهم الخبير (Expert) ، مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) ، مصمم النظام (System Designer) وأخيرا المستخدم (User) وأحيانا يوجد مشاركون آخرون مثل المبرمجين. هؤلاء المشاركون لهم خلفيات علمية مختلفة ويستخدمون أساليب غير متشابهة ويتفاوتون فى مهارتهم وحصيلتهم المعرفية.

وهؤلاء المشاركون يكمل بعضهم البعض فمثلا الخبير يمكن أن تكون معرفته بالحاسب ضئيلة كما أن مهندس المعرفة يمكن أن يكون غير ملم بنطاق المشكلة (Problem Area). وهذا يؤدى فى بعض الأحيان إلى صعوبة التفاهم بين هؤلاء المشاركين مما يؤثر فى كفاءة نقل المعرفة.

٤ - بناء تراكيب المعرفة

فى نظم الذكاء الإصطناعى ليس من الضرورى فقط إستقرار المعرفة ولكن أيضا طريقة بنائها. لذلك يجب تمثيل المعرفة فى صورة قواعد أو تراكيب وهذا يمثل أحد القيود المفروضة على عملية تمثيل المعرفة.

٥ - أسباب أخرى

من الأسباب الأخرى لصعوبة عملية نقل المعرفة مايلى :

- عدم توفر الوقت لدى الخبراء أو عدم رغبتهم فى التعاون.
- تعقيد عملية اختبار وتحسين المعرفة.
- عدم دقة تعريف طرق استخراج المعرفة.

- عدم رغبة مصممى النظام فى تنويع مصادر المعرفة والإكتفاء بمصدر واحد مما يسبب نقص فى المعرفة.
- صعوبة تمييز معرفة معينة عند خلطها ببيانات غير مرتبطة بالموضوع.
- تغيير الخبراء لسلوكهم عند مراقبتهم أو مقابلتهم.
- وجود بعض المشاكل الشخصية بين مهندس المعرفة والخبير.

٣ - ٢ - ٢ التغلب على المصاعب المصاحبة لنقل المعرفة

هناك العديد من المحاولات التى تمت للتغلب على المصاعب السابق ذكرها. على سبيل المثال بدأت الأبحاث الخاصة بأدوات إكتساب المعرفة تركز على سبل زيادة توافق التمثيل بين الخبراء والبرنامج تحت التطوير . والمحاولة هنا تكمن فى تطوير برنامج قادر على تقبل النصيحة كما يحدث بالنسبة للإنسان. وقدرة النظم الخبيرة على إنجاز مثل تلك المهام تكون محدودة جدا.

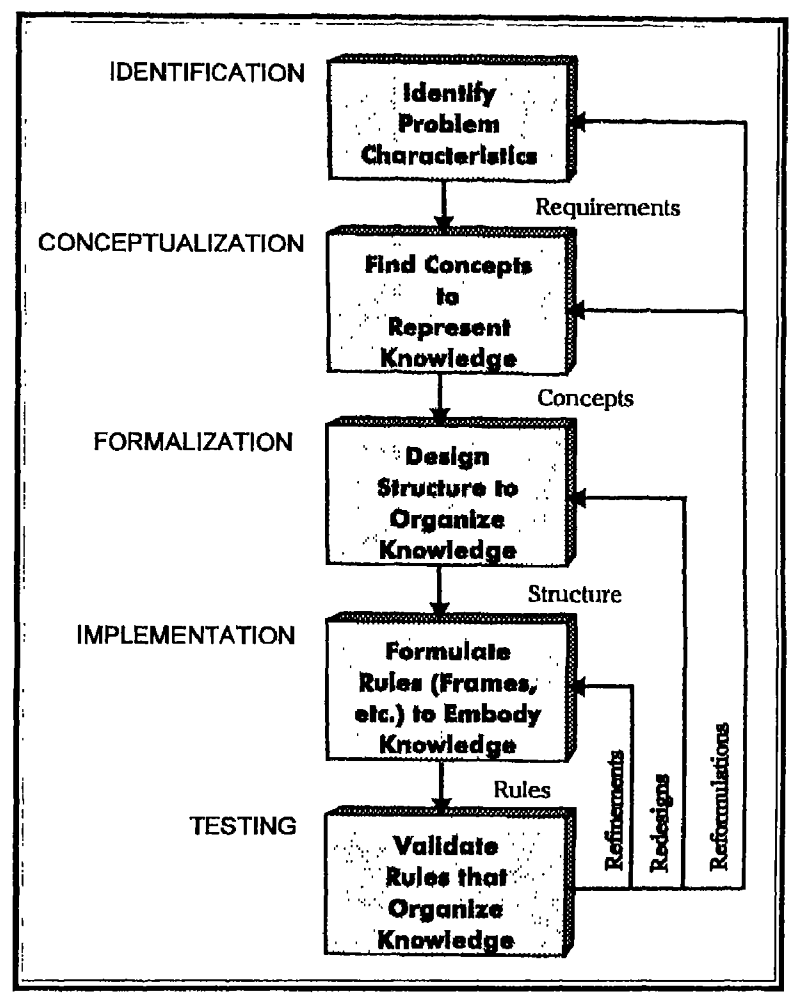
وهناك طرق أخرى لتسهيل التوافق بين الخبير والبرنامج منها أن يتعامل الخبير مع البرنامج باستخدام اللغات الحية وذلك عن طريق تطوير تمثيل المعرفة باستخدام الحاسب وخاصة المعرفة التى يسهل التعبير عنها أو تمثيلها بلغة مكافئة للإنجليزية. بالإضافة إلى ذلك فإن بعض الصعوبات يمكن تجنبها أو حذفها بأدوات إكتساب المعرفة المبنية على الحاسب (Computer-Aided Knowledge Acquisition Tools) وباستخدام المجهود المكثف والمتكامل للإكتساب.

٣ - ٣ المهارات المطلوبة لمهندسى المعرفة

يحتاج إستخدام الحاسب فى إكتساب المعرفة إلى مهندس معرفة له من المؤهلات والخبرات ما يساعد على تذليل الصعوبات السابق ذكرها. لذلك فإن هناك قائمة بالصفات والمهارات المطلوبة فى مهندس المعرفة وهى : الدقة ، التعامل مع الحاسب بكفاءة من حيث البرمجة والمكونات المادية ، قدرة إتصال فعالة ، الحساسية ، سياسة ، حسن تصرف ، تعليم واسع المجال ، مهارات إجتماعية متقدمة ، قدرة سريعة على التعلم ، تفهم للمنظمات والأشخاص ، خبرة واسعة فى هندسة المعلومات ، ذكاء ، صبر ، تفكير منطقى ، ثقة بالنفس ، قدرة على عمل أشياء متعددة. هذه المتطلبات تؤدى إلى صعوبة توفير مهندسى معرفة يملكون المهارات المطلوبة كما تؤدى إلى زيادة التكاليف نتيجة إرتفاع الأجور الخاصة بهؤلاء المهندسين.

٣ - ٤ خطوات إكتساب المعرفة

يمكن النظر إلى عملية إكتساب المعرفة على أنها عملية مكونة من خمسة خطوات كما يتضح من الشكل (٣-٤)



شكل (٣-٤)

١ - التعريف (Identification)

هى مرحلة تعريف المشكلة وخواصها الأساسية حيث يتم تقسيم المشكلة إلى مشاكل فرعية إذا دعت الحاجة لذلك ويتم أيضا تعريف المشاركين من خبراء ومستخدمين و ... إلخ بالإضافة إلى تحديد مصادر المعرفة. ويدرس مهندس المعرفة الوقت اللازم لعملية إكتساب المعرفة وتؤخذ موافقة جماعية على جدوى تطبيق نظام الذكاء الإصطناعى.

٢ - تحديد المبادىء (Conceptualization)

المعرفة المتصلة بالمواقف التى تستدعى إتخاذ قرار يمكن أن تتباين لذلك كان من الضرورى تعريف المبادىء والعلاقات المستخدمة عن طريق الاجابة على بعض الأمثلة مثل :

- ماهى المعارف المستخدمة وكيفية تمثيلها فى قاعدة المعرفة ؟
- هل تعتبر القواعد فى مجال تمثيلى جيد ؟
- ماهو السبيل لاستخراج معرفة معينة ؟

٣ - الصياغة (Formalization)

المعرفة المكتسبة يتم تمثيلها فى قاعدة المعرفة كما سبق الإيضاح. ويمكن أن تحدد طريقة تنظيم وتمثيل المعرفة أسلوب إكتساب هذه المعرفة فمثلا فى النظم المبنية على القواعد يجب تنظيم المعرفة على هيئة قواعد. وفى مرحلة التشكيل يحدث تداخل بين اكتساب المعرفة وتمثيلها. وهذه المرحلة صعبة جدا لأنها تتضمن إستخراج المعرفة من الخبير بالإضافة إلى اختيار البرمجيات والمكونات المادية.

٤ - التنفيذ (Implementation)

فى هذه المرحلة يتم برمجة المعرفة داخل الحاسب. ومع ذلك فإن عمليات التنقية والتحسين للمعرفة تستمر عن طريق عمليات إكتساب إضافية أو عمليات تعديل. وهذه المرحلة تشهد تطوير نموذج أولى (Prototype) للنظام الخبير.

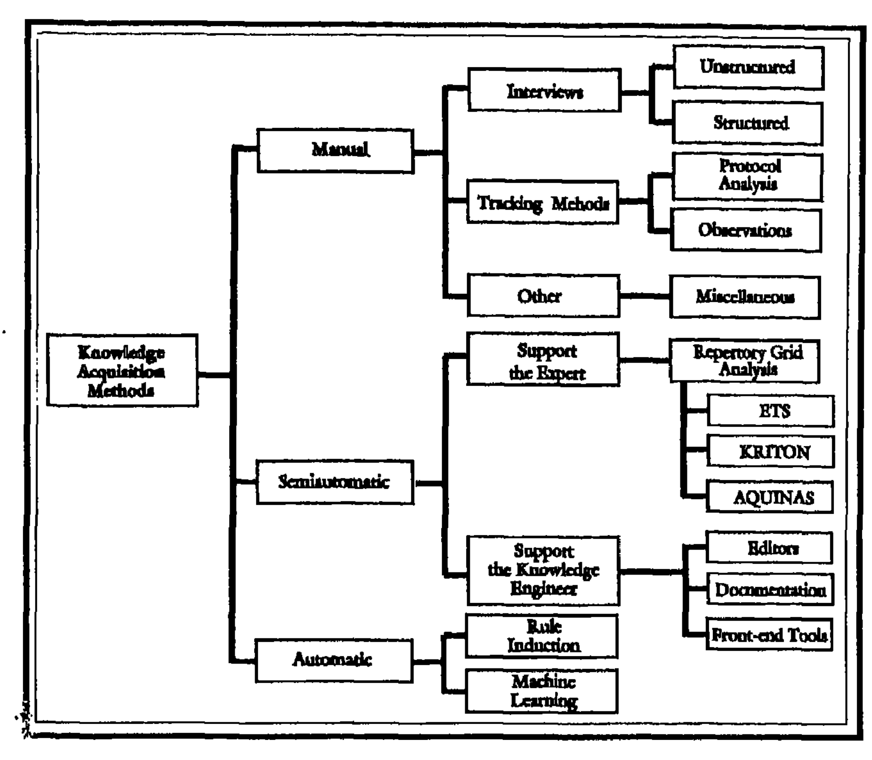
٥ - الإختبار (Testing)

وهى المرحلة الأخيرة وفيها يقوم مهندس المعرفة باختبار النظام عن طريق مجموعة من الأمثلة. ويقوم الخبير بفحص النتائج ويتم تعديل القواعد أو الأطر (Frames) إذا دعت الحاجة لذلك.

وكما يتضح من الشكل (٣ - ٤) فإن كل مرحلة تحتوى على إجراء دائرى أو عملية تكرارية (Iteration) يقوم فيها مهندس المعرفة بإعادة تشكيل ، إعادة تصميم ، وتنقية النظام بطريقة ثابتة. وخلال الوقت اللازم لعملية إكتساب المعرفة فإن مهندس المعرفة يعمل دائما بمصاحبة خبير النطاق أو المجال.

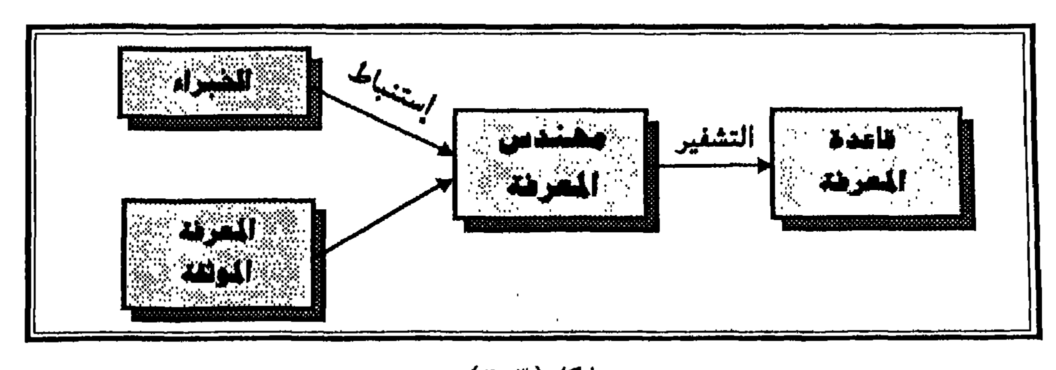
٣ - ٥ نظرة عامة على طرق إكتساب المعرفة

يمكن تصنيف طرق إكتساب المعرفة إلى ثلاثة طرق : طريقة يدوية ، طريقة نصف آلية ، طريقة آلية. والشكل (٣-٥) يوضح هذه الطرق.



شكل (٣-٥)

والطرق اليدوية مبنية على المقابلات (Interviews) حيث يقوم مهندس المعرفة باستخراج المعرفة من الخبير أو من مصادر أخرى ثم يتولى تشفيرها فى قاعدة المعرفة وهذه العملية موضحة فى شكل (٣-٦).

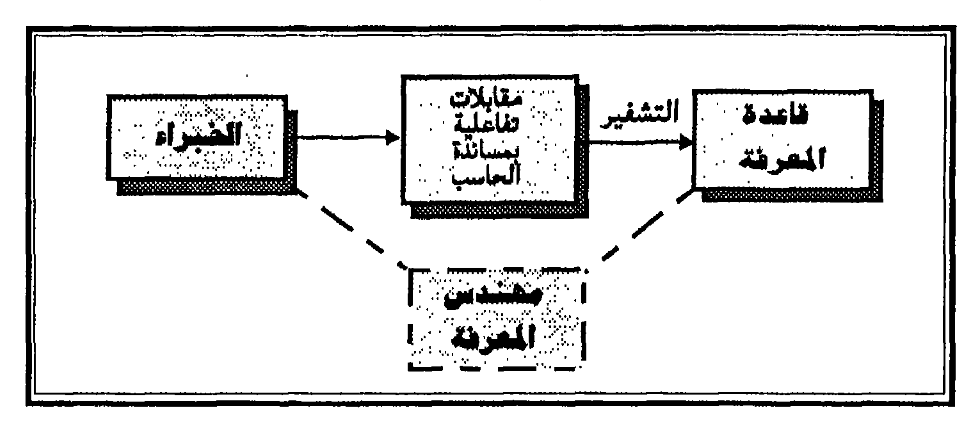


شكل (٣-٦)

وهناك ثلاث طرق يدوية رئيسية هى المقابلات (مقابلات مبنية ، نصف مبنية ، غير مبنية) ومتابعة عملية التفكير المنطقية وأخيرا الملاحظة. وهذه الطرق اليدوية بطيئة ومكلفة وأحيانا غير دقيقة لذلك يفضل دائما الطرق الآلية كلما سنحت الفرصة لذلك.

وتنقسم الطرق نصف الآلية إلى مجموعتين :

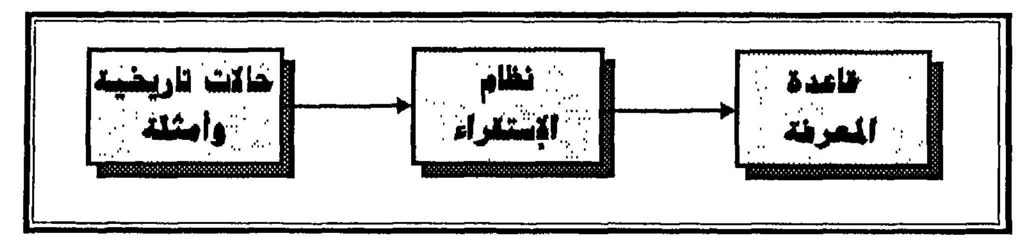
- طرق تسمح بمساندة الخبراء بالسماح لهم ببناء قاعدة معرفة دون الحاجة إلى مساعدة مهندسى المعرفة ، أنظر شكل (٣-٧).



شكل (٣-٧)

- طرق تسمح بمساعدة مهندسى المعرفة بالسماح لهم بالقيام بالمهام الضرورية بطريقة أكثر فاعلية وكفاءة.

أما فى الطرق الآلية فإن دور مهندسى المعرفة والخبير يختفى ، أنظر شكل (٣-٨). هذه الطرق سيتم شرحها بمزيد من التفصيل فى الأجزاء التالية.



شكل (٣-٨)

٣ - ٦ المقابلات (Interviews)

من أنواع طرق إكتساب المعرفة الشائعة الإستخدام طريقة تحليل المقابلات (Interview Analysis) التى تتم بين الخبير ومهندس المعرفة حيث تسجل هذه المقابلات ثم تحلل وتشفر.

وفى المقابلة يتحدث الخبير إلى مهندس المعرفة عن طريقة حل مشكلة حقيقية مشابهة لتلك التى سيقوم النظام الخبير (ES) بحلها. ومن عيوب طريقة المقابلة أنها يمكن أن تكون مملة (Tedious) أو غير مفيدة لذلك يجب أن يتمتع مهندس المعرفة بالمهارات التى سبق ذكرها حتى يستطيع وضع أكثر المطالب أهمية فى نطاق الخبير الذى لايقوم فقط بعرض خبرته بل أيضا بالتعبير عنها.

وتحتاج هذه الطريقة إلى أدوات تتصف بالمرونة وسهولة الحمل (أجهزة تسجيل ، أوراق ، أقلام ... الخ) ويمكن أن تؤدى إلى الحصول على كم كبير من المعلومات إذا كان مهندس المعرفة على درجة عالية من الكفاءة والتدريب. وهناك نوعان من المقابلات : مقابلات غير مبنية ومقابلات مبنية.

٣ - ٦ - ١ المقابلات غير المبنية (Unstructured Interviews)

معظم مقابلات إكتساب المعرفة تتم بطريقة غير رسمية كنقطة بداية. وهذه البداية توفر الوقت لأنها تساعد على الوصول السريع للتركيب الأساسى للنطاق. يتبع هذه البداية الطرق الرسمية لاكتساب المعرفة. ونادرا ماتقدم المقابلات غير المبنية وصفا كاملا أو منظما للعمليات الإدراكية (Cognitive Processes) لعدة عوامل منها :

- ☐ شدة تعقيد نطاقات النظم الخبيرة ولهذا فإن مهندس المعرفة والخبير يجب أن يعدا لظروف المقابلة بفاعلية.
- ☐ الصعوبة التى يواجهها خبراء النطاق فى التعبير عن بعض أو كثير من عناصر معرفتهم.
- ☐ عدم إرتباط البيانات وتفاوت مستوى تعقيد هذه البيانات ممايتسبب فى عدم قدرة مهندس المعرفة على مراجعة تعديل أو العمل على تكامل هذه البيانات.
- ☐ نقص خبرة مهندسى المعرفة نتيجة عدم التدريب الكافى مما يؤثر على كفاءة المقابلة.

وتكتسب المعلومات فى المقابلات غير المبنية خطوة خطوة حيث يقوم مهندس المعرفة ببناء تمثيل للمعرفة من وجهة نظر الخبير ويغطى كل الخواص المميزة للمشكلة التى يتناولها الخبير ، مثل البيانات ، مدخلات الحقول الثابتة ... الخ.

٣ - ٦ - ٢ المقابلات المبنية (Structured Interviews)

تعد المقابلات المبنية من العمليات الروتينية الموجهة إلى الهدف (Goal-Oriented). فهى تؤدى إلى تقوية الإتصالات المنظمة بين مهندس المعرفة والخبير. وتؤدى بنائية المقابلة إلى تقليل التشتت والتداخل المصاحب للمقابلات الغير مبنية بسبب موضوعية خبير النطاق. ولكى يتم إعداد المقابلة المبنية (Structured Interview) يجب تنفيذ عدد من الإجراءات يمكن تلخيصها فى الآتى :

- ☐ يقوم مهندس المعرفة بدراسة الموارد المتاحة فى النطاق لتحديد الحدود الرئيسية (Major Demarcations) للمعلومات التى لها علاقة بالموضوع المطروح (Relevant Knowledge).
- ☐ يقوم مهندس المعرفة بمراجعة قدرات النظام الخبير المخطط ويحدد الأهداف التى سيتم السؤال عنها خلال حلقة إكتساب المعرفة.
- ☐ يقوم مهندسو المعلومات بالتخطيط للمقابلات المبنية تبعا لجدول زمنى محدد وتشمل عملية التخطيط الوصول إلى الترتيبات الطبيعية ، تحديد أهداف حلقة إكتساب المعرفة ، تحديد أو تحسين المساحات الرئيسية للإستفسارات.
- ☐ يقوم مهندس المعرفة بكتابة نماذج للأسئلة ويركز فيها على نوع السؤال ومستواه وطرق الإستفسار.
- ☐ يتأكد مهندس المعلومات من فهم خبير النطاق لأغراض وأهداف حلقة إكتساب المعلومات ويشجع الخبير على التحضير المسبق للمقابلة.
- ☐ خلال المقابلة يقوم مهندس المعلومات بمتابعة خطوات العمل .
- ☐ خلال المقابلة يستخدم مهندس المعلومات التحكم الموجه (Directional Control) للمحافظة على بناء المقابلة.

ونتيجة للطبيعة الخاصة لكل مقابلة فإنه يصعب تقديم خطوط مرشدة وجيدة لها لهذا تظهر أهمية العلاقات الشخصية ومهارات التحضير التى يجب أن يتمتع بها مهندس المعرفة. ومع ذلك يوجد العديد من الخطوط المرشدة وقوائم المراجعة التى تخدم حلقة إكتساب المعرفة.

وأخيرا يمكن القول أن طرق المقابلة بالرغم من أنها شائعة لكن لها الكثير من المساوىء منها عدم الدقة فى جمع المعلومات ، وجود الكثير من القواعد المقيدة لمهندس المعرفة الذى يعقد المقابلة ، إعتماد نتائج المقابلة على قدر كبير من خبرة

مهندس المعرفة التى تختلف من مهندس لآخر لذلك يجب التخطيط للمقابلة بحرص وعناية كما أن نتيجة المقابلة يجب أن تخضع لمنهجيات التحقيق والصحة.

٣ - ٧ طريقة التتبع (Tracking Method)

طريقة التتبع هى من الآليات التى تحاول تتبع عملية الإستنتاج المنطقى للخبير عند محاولته الوصول إلى توصيات معينة لحل مشكلة ما وهذه الطريقة إما مصوغة (Formal) أو غير مصوغة (Informal). ومن أكثر الطرق المصوغة شيوعا هى طرق التحليل الوثائقى (Protocol Analysis) ويقصد بها مجموعة الطرق التى تعتمد على الوثائق فى تحليل طرق الإستنتاج المنطقى للخبير (Verbal Protocol Analysis).

وفى هذه الطرق يقوم مهندس المعرفة باكتساب المعرفة بكل تفاصيلها من الخبير وتطلق كلمة (Protocol) على السجل أو الوثيقة التى تحتوى على عملية المعالجة التى يقوم بها الخبير خطوة خطوة وسلوكه فى اتخاذ القرار وهى تشبه المقابلة ولكنها أكثر رسمية وروتينية حيث يطلب من الخبير إجراء مهمة أو حل مشكلة حقيقية معينة ثم يقوم بكتابة عملية التفكير المنطقى المرتبط بهذه المهمة وصولا إلى إيجاد حل أو توصية مرتبطة بها. ويطلب مهندس المعرفة من الخبير التفكير بصوت عالى (Think Aloud) أثناء إجراء المهمة أو حل المشكلة وهو تحت الملاحظة وعادة يتم تسجيل الصوت المصاحب لكل تفاصيل هذه العملية وتسجيل السلوك المصاحب لعملية إتخاذ القرار. وهذا التسجيل يصبح سجلا (Record) أو وثيقة (Protocol) للسلوك العملى للخبير. وفى النهاية يتم نسخ التسجيل كتابة لاستخدامه فى أى تحليلات أخرى ثم تشفيره بواسطة مهندس المعرفة.

وعلى العكس من طريقة المقابلات فإن طريقة التحليل الوثائقى تشمل مرحلة واحدة للإتصالات بين مهندس المعرفة والخبير حيث يقوم مهندس المعرفة بتحضير الحوار والتخطيط للعملية. وخلال حلقة الإكتساب يقوم الخبير بالحديث أثناء إستخدام البيانات لحل المشكلة وفى نفس الوقت يقوم مهندس المعرفة بالإستماع وتسجيل العملية وفى النهاية يجب أن يكون المهندس قادرا على تحليل وتعديل وبناء الوثيقة فى صورة بيانات حتى يستطيع الخبير مراجعتها.

٣ - ٨ الملاحظات (Observations)

فى بعض الأحوال يمكن ملاحظة الخبير أثناء العمل الميدانى وهى طريقة سهلة ومباشرة لاكتساب المعرفة. والملاحظة يمكن إعتبارها أحد الأنواع التى توفر التوثيق الجيد

وهناك نوعان منها : الملاحظة الحركية (Motor Observation) والملاحظة لحركة العين (Eye Movement). فى النوع الأول يتم ملاحظة وتسجيل السلوك الحركى للخبير أثناء حل المشكلة مثل المشى، الكلام، حركة اليد .. الخ. وفى النوع الثانى يتم تسجيل حركة العين لمعرفة أى نوع من البيانات يركز فيه الخبير ورد فعل العين فى مراحل حل المشكلة. وطرق الملاحظة من الطرق المكلفة والمستهلكة للوقت لذلك فهى تستخدم لدعم طريقة التحليل الوثائقى.

٣ - ٩ طرق يدوية أخرى

هناك العديد من الطرق اليدوية الأخرى التى تستخدم لاكتساب المعرفة من الخبير يمكن تلخيصها فى الآتى :

- تحليل الحالة (Case Analysis)

يقوم الخبير بشرح كيفية معالجة حالة مشابهة فى الماضى بالإضافة إلى سؤال المديرين والمستخدمين واستخدام الوثائق التى تم تحليل الموقف السابق فيها.

- التحليل اللحظى (Incident Analysis)

تهتم هذه الطريقة بتحليل الحالة المشابهة الحديثة والصعبة أو التى لها مدلول خاص وفيها يتم سؤال الخبير وآخرين.

- الملاحظات المكتوبة (Commentaries)

فى هذه الطريقة يطلب مهندس المعرفة من الخبراء أن يعطوا ملاحظات سريعة عما يفعلون.

- الرسم البيانى (Conceptual Graph)

تستخدم الرسومات البيانية كأداة فى دعم طرق إكتساب المعرفة الأخرى.

- النموذج الأولى (Prototype)

فى هذه الطريقة يتم عمل نموذج أولى للنظام حتى يستطيع الخبراء المشاركة بمعارفهم فيه ونقده وإجراء تعديلات لحظية عليه.

- المقياس متعدد الأبعاد (Multidimensional Scaling)

تبدأ هذه الطريقة بتحديد الأبعاد المختلفة للمعرفة ثم يتم وضع هذه المعرفة فى مصفوفة المسافة (Distance Matrix) وباستخدام بعض الطرق الرياضية يتم تحليل الأبعاد وترجمتها ثم تكاملها.

٣ - ١٠ الطرق المعتمدة على الخبير

فى الطرق السابقة كانت مهمة اكتساب المعرفة تقع على عاتق مهندس المعرفة والذى يحدد بمهارته جودة قاعدة المعرفة. وفى الواقع فإن مهندسى المعرفة ليست لديهم المعرفة الكافية عن النطاق بالإضافة إلى ارتفاع تكلفة عملهم وكذلك بعض المشاكل المرتبطة بالإتصال بالخبراء. لهذا تكون عملية إكتساب المعرفة بطيئة وتحتاج إلى محاولات متكررة للتصحيح والتحقيق والتعلم ممايؤدى إلى ارتفاع تكلفتها.

من هنا جاءت فكرة أن يكون الخبراء أنفسهم هم مهندسو المعرفة حيث يقومون بتشفير خبرتهم الخاصة باستخدام الحاسب فيما يعرف بالطريقة المعتمدة على الخبير (Expert - Driven) والتى تؤدى إلى الحد من التشويش فى المعلومات فى حالة صياغتها بواسطة مهندس المعرفة. وهناك بعض الفرضيات اللازمة لتنفيذ هذه الطريقة :

- يستطيع الخبير تحديد المتغيرات والعلاقات بينها.
- يستطيع الخبير أن يتعلم ويستخدم أدوات فك الشفرة.
- يستطيع الخبير إستخدام الوسائل المعتمدة على الحاسب لتنفيذ العملية عند الحاجة لذلك.
- يستطيع الخبير بناء نموذج مطور للنطاق.

وهناك طريقتان من الطرق المعتمدة على الخبير ، طريقة يدوية وطريقة نصف آلية باستخدام الحاسب.

٣ - ١٠ - ١ الطريقة اليدوية " التقرير الشخصى للخبير "

يمكن أحيانا إستخراج المعلومات من الخبير بطريقة يدوية عن طريق إستخدام تقرير منظم أو توجيه أسئلة إستقصاء. وهناك نوعان من الأسئلة ، أسئلة مفتوحة (Open - Ended) تناسب أسلوب إكتشاف المعرفة ويستنتج منها المفاهيم عالية المستوى ، وأسئلة مغلقة (Close - Ended) وتكون مبنية بطريقة جيدة فى صورة إستقصاء يسهل الإجابة عليه ولكن كمية المعرفة المكتسبة تكون محدودة. ويستطيع الخبراء تسجيل نشاطهم أو إلقاء محاضرة صغيرة أو كتابة تقرير عن أسلوبهم لحل المشاكل.

وتكشف تقارير الخبراء عادة عن مشاكل عديدة مثل :

- قيام الخبير بعمل مهندس المعرفة دون تدريب مسبق.
- تعكس هذه التقارير رأى الخبير عن الكيفية التى يجب إنجاز هذه المهمة بها وليس عن الطريقة الحقيقية لإنجاز هذه المهمة.
- دائما مايصف الخبراء أفكارا جديدة وغير مستعملة من قبل وسياسات غير مختبرة فى مرحلة إتخاذ القرار لذلك يحدث خلط بين الخبرات السابقة والسلوك الفعلى والمستقبل المثالى لهذا السلوك.
- يستهلك التقرير فى إعداده وقتا طويلا مما قد يدفع بالسأم فى نفس الخبير ويكون لذلك أسوأ الأثر على جودة المعلومات داخل هذا التقرير.
- يجب أن يكون الخبير محترفا فى استخدام منحنيات التدفق وطرق معالجة الوثائق.
- قد يغفل الخبراء جزاء معينا من المعرفة وهذا الجزء يمكن أن يسبب الغموض فى التقرير.

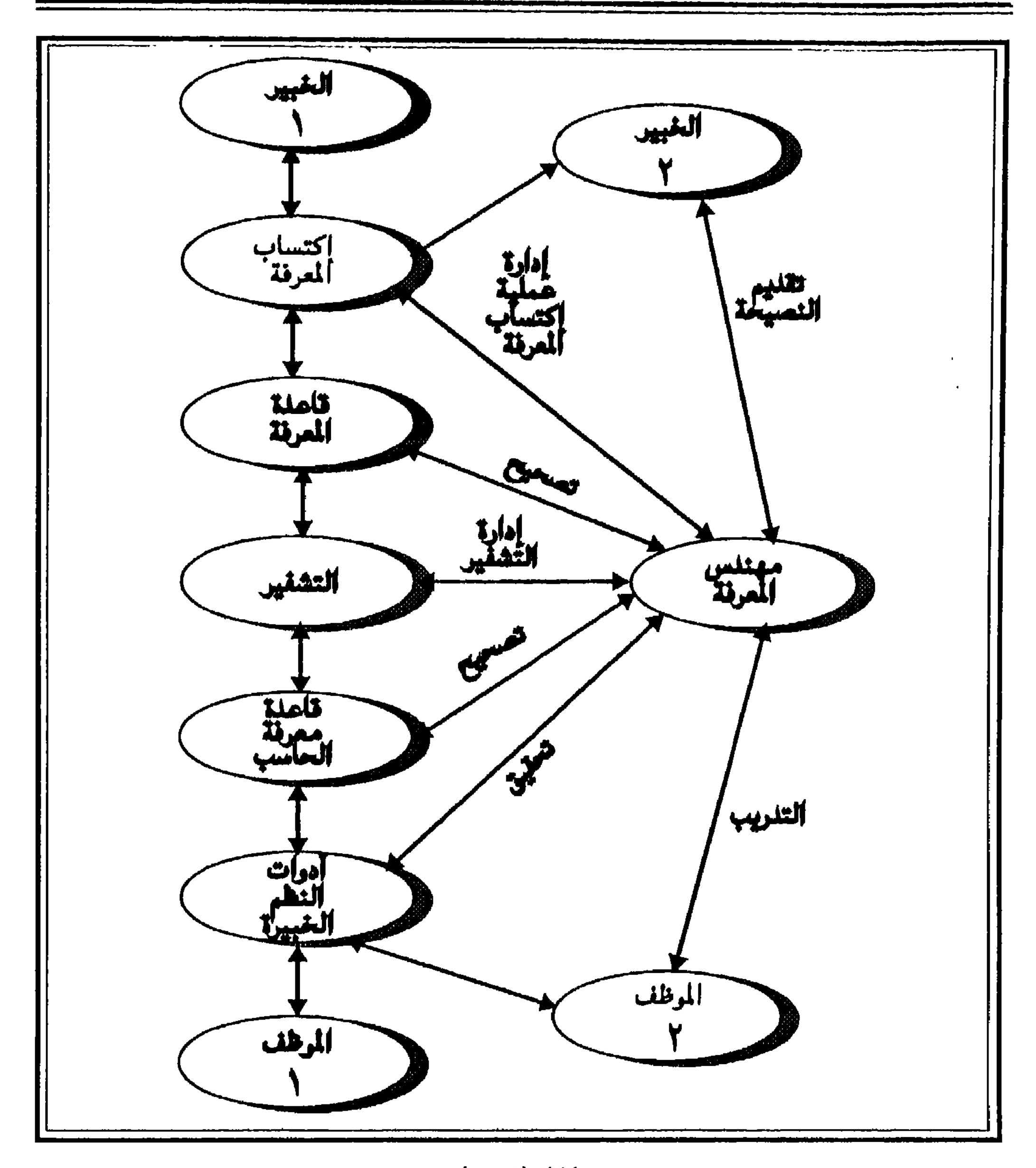
ومع وجود هذه المشاكل فإن طريقة التقرير الشخصى للخبير ماتزال طريقة مفيدة وخاصة فى مراحل إكتشاف واكتساب المعرفة الأولية ويمكن التغلب على معظم هذه المشاكل باستخدام الحاسب كما يتضح من الجزء التالى.

٣ - ١٠ - ٢ طرق الإكتساب بمعاونة الحاسب

يستخدم الحاسب لمساعدة الخبير فى الحد من المشاكل السابق ذكرها حيث يستخدم فى جمع المعرفة الأولية وتنقيتها بقاعدة المعرفة ثم إضافة المعرفة الجديدة المكتسبة بعد تنقيتها وتصحيحها. وتستخدم طرق الرؤية بالحاسب غالبا فى بناء النموذج الأولى للنطاق بغرض إعطاء المستخدم القدرة على رؤية مشاكل العالم الحقيقى وتشغيل عناصرها عن طريق الأشكال الجرافيكية.

٣ - ١١ دعم مهندس المعرفة

هناك طرق وأدوات تساعد على اكتساب وتشفير المعرفة وتؤدى إلى تقليل الحاجة إلى وقت مهندس المعرفة ومهارته. ومع ذلك مازال لمهندس المعرفة دور رئيسى وهام فى إكتساب المعرفة. والشكل (٣-٩) يوضح المهام الرئيسية لمهندس المعرفة والتى يمكن تلخيصها فى الآتى :



شكل (٣-٩)

- ☐ ينصح الخبير عن كيفية إستخدام وسائل الإستنباط التفاعلى للمعلومات (Interactive Elicitation).
- ☐ كتابة المعرفة المشفرة والغير مشفرة فى قاعدة المعرفة بالتعاون مع الخبير.
- ☐ إدارة أدوات إكتساب المعرفة بطريقة مناسبة.
- ☐ إدارة أدوات فك تشفير المعرفة واستخدامها بطريقة مناسبة.

- تحقيق وتدقيق تطبيق قاعدة المعرفة بالتعاون مع الخبير.
- تدريب العملاء على الطريقة المثلى والفعالة لاستخدام قاعدة المعرفة مع الخبير عن طريق تطوير طرق إجرائية للتشغيل والتدريب.

وهكذا يستطيع مهندس المعرفة إستنتاج المعرفة مباشرة من الخبير ثم يستخدم أدوات الإستنتاج الفعالة لإدخال المعرفة المكتسبة إلى قاعدة المعرفة.

٣ - ١١ - ١ الأدوات المساعدة لاكتساب المعرفة

هناك العديد من الأدوات التى تم تطويرها لمساعدة عمليات إكتساب المعرفة وفيما يلى أمثلة لبعض هذه الأدوات.

- الأدوات المساعدة فى تصحيح النصوص (Editors)

تستخدم فى تسهيل إدخال المعرفة إلى قاعدة المعرفة ومراجعتها مما يقلل من إحتمالات الأخطاء. والأدوات الجيدة هى التى تمد المستخدم بوسائل سهلة وسلسة مع قدرة على التعامل مع الأوامر بطريقة مبسطة. وتقوم هذه الأدوات بإختبار الأخطاء والتراكيب اللفظية ومدى ملاءمتها وتوافقها.

- أدوات الشرح (Explanation Facilities)

تساعد أدوات الشرح الخبير ومهندس المعرفة والمستخدم فى تنقية وتحسين قاعدة المعرفة. وبالإضافة إلى الأجهزة ذات الأغراض العامة مثل آليات إكتشاف أخطاء التشغيل (Debugging) وآليات الملاحظة (Trace) هناك وسيلة خاصة للشرح يمكنها على سبيل المثال ملاحظة سلسلة الإستنتجات المنطقية (Reasoning) بعد اكتمالها.

- أدوات مراجعة قاعدة المعرفة (Revision Tools)

يمكن إجراء بعض التغييرات فى قاعدة المعرفة باختيار طريقة مناسبة للمراجعة. وحتى يمكن منع إدخال أخطاء جديدة يمكن استخدام أدوات مراجعة مثل أداة اختبار التوافق الدلالى (Semantic Consistency Checker) أو أدوات الإختبار الآلية.

٣ - ١١ - ٢ الأدوات المساعدة المتكاملة

معظم الأدوات السابقة وغيرها صممت منفصلة على أساس إستخدامها بواسطة خبير أو أى إنسان مشارك فى النظام الخبير لتنفيذ مهمة محددة. ولكن فى الواقع ونظرا لتعدد المشاركين فى النظام الخبير ظهرت الحاجة إلى تكامل

الأدوات المساعدة لاكتساب المعرفة ومن أمثلة هذه الأدوات الذكاء الآلي (Auto - Intelligence) ونظام إكتساب وتوثيق المعرفة (KADS) وهو اختصار (Knowledge Acquisition and Documentation System , (KADS)) وهو نظام يهدف إلى مساعدة مهندس المعرفة فى اكتساب وبناء وتحليل وتوثيق معرفة الخبير وتساعد هذه النظم على زيادة إنتاجية مهندس المعرفة وقد تم تطويرها فى جامعة أمستردام.

٣ - ١٢ الإستقراء (Induction)

كلمة (Induction) تعنى طريقة الإستنتاج المنطقى من الأخص إلى الأعم أما فى النظم الخبيرة فهى تعنى عملية توليد قواعد (Rules) عن طريق برنامج للحاسب من خلال أمثلة لحالات معطاة. وهى من الطرق الآلية لاكتساب المعرفة.

والنظم المولدة للقواعد (Rule-Induction Systems) يتم إعطاؤها أمثلة للمشكلة وهذه الأمثلة نتائجها معروفة. وبعد عدد من هذه الأمثلة تستطيع هذه النظم إستقراء قواعد يمكن تطبيقها على هذه الأمثلة. وهذه القواعد يمكن استخدامها بعد ذلك فى إنشاء حالات مشابهة للأمثلة المعطاة. ويعد الخوارزم بمثابة القلب للنظم المولدة للقواعد والذى يستخدم لتوليد القاعدة من الأمثلة.

وكمثال لقاعدة بسيطة مولدة من خلال مكتب القروض ببنك ما حيث يشمل طلب القرض معلومات عن طالب القرض مثل مستوى الدخل ، المساعدات ، السن ، عدد الذين يعولهم طالب القرض وتمثل هذه المعلومات الصفات المميزة (Attributes) لطالب القرض. وبإعطاء مجموعة أمثلة لكل منها قرار نهائى بالموافقة أو الرفض يمكن إستقراء قاعدة يعمل بها مكتب القروض. وذلك كما يتضح من الجدول التالى :

إسم طالب القرض	الدخل السنوى	المساعدات	السن	عدد الذين يعولهم	القرار
أحمد	٩٦٠	١٠٠	٣٠	٣	نعم
على	١٢٠٠	لايوجد	٣٥	١	نعم
يوسف	٨٠٠	لايوجد	٣٣	٢	لا
إبراهيم	٧٠٠	٢٥٠	٤٢	—	نعم

من هذه الأمثلة يمكن توليد ثلاثة قواعد :

- إقرار القرض إذا كان الدخل أكثر من ١٢٠٠ جنيه.
- إقرار القرض إذا كان الدخل ٧٠٠ جنيه أو أكثر ، السن على الأقل أربعون عاما والمساعدات أكثر من ٢٤٩ جنيه ولايوجد من يعولهم الشخص.
- إقرار القرض إذا كان الدخل بين ٧٠٠ و ٩٦٠ جنيه والمساعدات على الأقل ١٠٠ جنيه.

وتساعد نظم استقراء القواعد خبير المجال فى المجالات الأكثر تعقيدا عن طريق إعطاء النظام الخبير مزيدا من الأمثلة واستنباط القواعد الخاصة بها. ومن مميزاتها أيضا أن مصمم النظام لايشترط أن يكون مهندس معرفة بل قد يكون خبيرا أو محلل نظم. وهذا يوفر الوقت والمال كما يوفر الصعوبات المرتبطة بتشغيل مهندس معرفة يكون عادة من خارج النظام وليست له دراية كافية بعمليات النظام. ومن أهم مميزات نظم إستقراء القواعد أنها تساعد على تحسين عملية التفكير عند الخبير.

ورغم المميزات السابقة فإن هناك صعوبات تظهر عند التنفيذ يمكن تلخيصها فى الآتى :

- بعض برامج الإستقراء تعطى قواعد يصعب على الإنسان فهمها لأن طريقة توصيف المشكلة وصفاتها المميزة وخواصها المستخدمة تختلف عن الطريقة التى يستخدمها الإنسان.
- بعض برامج إستقراء القواعد لاتختار الصفات المميزة ويقوم الخبير بذلك. كذلك لاتستطيع هذه البرامج إكتشاف وجود تشابه فى أداء بعض المتغيرات المستقلة.
- عملية البحث (Search)فى القاعدة المولدة تعتمد على خوارزم خاص قادر على توليد شجرة قرار (Decision Tree). هذه الشجرة تساعد على الحد من عدد الأسئلة التى يجب الإجابة عنها قبل الوصول إلى الإستنتاج.
- هذه الطريقة تستعمل بكفاءة فقط مع مشاكل التصنيف (Classification Types) والمبنية على القواعد (Rule-Based) وخاصة المشاكل من النوع الذى يحتاج إلى الإجابة بنعم أو لا.
- عدد المتغيرات ، مثل الإسم ، السن ، ... كما فى المثال السابق يجب أن يكون قليلا. وإذا زادت عن خمسة عشر متغير يلزم استخدام حاسب كبير.
- عدد الأمثلة اللازمة لاستقراء قاعدة معينة يمكن أن يكون كبيرا جدا.
- تصلح هذه الطريقة فقط فى حالات التأكد (Certainty) .

وبسبب هذه القيود تستخدم طريقة الإستقراء لإيجاد النموذج الأول (Prototype) والذى يمكن ترجمته وتحويله إلى نموذج آلى محسن للنظام.

أمثلـــــــة

مـــن البرمجيـــات التـــى تســـتخدم فـــى عمليـــة الإســـتقراء باستخـــــدام الحاســـــب الشخصـــــى (1 St. - Class , Level 5 , V P Expert) ومـن الأمثلــة التى تســتخدم الحاسـب الكـــبير (TIMM , Knowledgeshaper) وبعــض البرمجيــات يســتخدم مــع الحاسب الشخصى أو الكبير مثـل (Rule Master , EX - Tran 7 , BEAGLE).

ومعظـم هـذه البرمجيـات بالإضافـة إلـى قدرتهـا علـى إسـتقراء القواعـد قـادرة أيضـا علـى اختبارهـا للتـأكد مـن عـدم حـدوث تعـارض منطقـى أثنـاء الإســتخدام. كذلـك يمكـن اســتخدام بعضها لاستقراء قـاعدة معرفـة معينـة ثـم بنـاء نظـام خبيـر قـادر علـى استخدام هـذه المعرفـة.

وهكـذا نجـد أن نظـم إسـتقراء القواعـد (Rule - Induction Systems) تساعد علـى خفـض عـدد وربمـا الإسـتغناء عـن مهندسـى المعرفـة والخـبراء وهـى أدوات بسـيطة يمكـن اسـتخدامها بعـد قـدر ضئيـل مـن التدريـب. مـع هـذا ينصـح دائمـا باسـتخدام مهندسـى معرفـة حتـى فـى المجالات التـى يتـم فيهـا إسـتقراء القواعـد آليـا.

ويمكـن دمـج مهنـدس المعرفـة أو الخبـير بإمكانيـات الحاسـب فيمـا يسـمى نظـام الإسـتقراء المتفـاعل (Interactive Induction) وهـو نظـام يساعـــد مهندســـى المعرفـــة علـــى إنجـاز بعـض المهـــام آليـــا وبكفـــاءة عاليـــة. ومـــن أمثلـــة النظـــم التـــى تجمـــع إســتقراء القواعـد واكتسـاب المعرفـــة بالتفاعـــل (Interactive Acquisition) نظـــام الذكـــاء الآلـــى (Auto - Intelligence). هـذا النظـام يقـوم بتجميـــع المعرفـــة مـــن الخبـــير عـــن طريـــق المقـابلات المتفاعلـة (Interactive Interviews) ثـم تنظيـم هـذه المعـارف ثـم يتـم آليـا إسـتقراء قـاعدة معرفـة مبنيـة علـى القواعـد (Rule - Based Knowledge Base).

٣ - ١٣ إختيار الطريقة المناسبة

فيمـا يلـى بعـض أهـداف نظـام إكتسـاب المعرفـة المثـالى والتـى يجـب أخذهـا فـى الإعتبـار عنـد اختيـار الطريقـة المناسـبة لاكتسـاب المعرفـة :

- التفـاعل المباشـر مـع الخبـير دون تدخـل مهندسـى المعرفـة.
- يمكـن تطبيـق النظـام علـى عـدد غيـر محـدد مـن المشـاكل وليـس مشـاكل خاصـة فقـط.
- يجـب أن يحتـوى النظـام علـى شـرح لطريقـة التطبيـق لتجنـب التدريـب المسـبق للخبـير.
- القـدرة علـى التحليـل الدائـم أثنـاء إنجـاز العمـل لاكتشـاف عـدم التوافـق أو وجـود ثغـرات فـى قـاعدة المعرفـة.

- القدرة على دمج أكثر من مصدر للمعرفة.
- القدرة على التواصل الإنسانى مثل المحادثة مما يجعل إستخدام النظام ممتعا وجذابا.
- الإتصال السهل مع أدوات النظم الخبيرة العديدة بما يناسب نطاق المشكلة.

ولتحقيق هذه الأهداف من الضرورى جعل عملية إكتساب المعلومات آلية فيما يعرف بتعلم الآلة (Machine Learning). وهذه الطريقة الآلية مازالت محدودة القدرات وهناك العديد من الأبحاث ومحاولات من المصممين للوصول إلى هذه الأهداف لبناء طريقة مثلى لاكتساب المعرفة.

وقد قدم كثير من الخبراء فى مجال اكتساب المعرفة إقتراحات لكيفية إختيار الطريقة المناسبة منها ربط مستويات المعرفة (Categories of Knowledge) بطرق الإكتساب المختلفة. والجدول التالى يوضح بعض الأمثلة :

المعرفة	الطرق المقترحة
المعرفة المعلنة	المقابلات
المعرفة الإجرائية	المقابلات المبنية ، التتبع
المعرفة اللفظية	الملاحظة ، تحليل المهام

ورغم تعدد محاولات الطرق الآلية لاكتساب المعرفة فإن مهندس المعرفة مازال يلعب الدور الرئيسى فى اختيار أفضل الطرق المناسبة لاكتساب المعرفة تبعا للظروف.

ومن العوامل الرئيسية فى تطوير النظم الخبيرة - وبالتالى فى طريقة إكتساب المعرفة - تحديد الخبراء. وهى من المهام المعقدة فى ظل وجود العديد من الآليات المستخدمة والتى تساهم فى الحصول على مخرجات ذات جودة عالية. ومن الأساليب المعتادة لاختيار الخبراء بناء نظام خبير لنطاق ضيق جدا حيث يتم تحديد الخبرة المطلوبة بدقة والتى يمكن أن تتوافر فى خبير واحد. ثم بزيادة النطاق يزيد حجم المشكلة ويعاد تحديد الخبرة المطلوبة فيزيد عدد الخبراء فيما يعرف بتعدد الخبراء (Multiple Experts). وتعدد الخبراء يؤدى إلى دمج مميزات الطرق المختلفة للإستنتاج المنطقى وصولا لأنسب الحلول أو التوصيات بالرغم من أنه قد يتسبب فى حدوث إختلاف فى الأداء وتضارب فى وجهات النظر وخصوصا فى حالة تطوير قاعدة معرفة من مصادر مختلفة. ويحدث إختلاف آراء الخبراء نتيجة نقص للمعرفة فى جزئية معينة من المشكلة أو نتيجة عدم المصداقية التى قد تسببها طرق الإحصاء المختلفة أو نتيجة للطرق والأساليب المختلفة التى يتبعها الخبراء فى الإستنتاج المنطقى والتى تعتمد بقدر كبير على خبرتهم العملية وخلفيتهم العلمية.

وهناك العديد من الطرق المستخدمة لتنظيم عمل الخبراء منها العمل منفصلين (Individual Experts) أو فى مجموعات صغيرة (Small Groups) كذلك توجد طرق عديدة لدمج وتكامل آراء الخبراء منها الإحتفاظ بخطوط الإستنتاج المنطقى لكل خبير منفصلة ثم اختيار واحد منهم حسب الظروف المعطاة. ويمكن أيضا إستخدام الطرق التحليلية (Analytical Methods) وجعل عملية الدمج آلية.

٣ - ١٤ تحقيق وتدقيق قاعدة المعرفة

(Validation and Verification of the Knowledge Base)

تشتمل عملية إكتساب المعرفة على طرق تحكم فى الجودة (Quality Control) ممثلة فى عمليات التقييم (Evaluation) والتدقيق (Validation) والصحة (Verification) والهدف من عملية التقييم (Evaluation) التأكد من كل قيم نظام الذكاء الإصطناعى وضمان مستوى أداء جيد ومقبول كذلك تشمل عملية تحليل للتأكد من أن النظام يمكن إستخدامه (Usable) وبكفاءة عالية وتكلفة محدودة.

وعملية التحقيق (Validation) هى جزء من عملية التقييم والتى تهتم بأداء النظام (Performance) بمعنى التحقق من بناء النظام المناسب القادر على الوصول لمستوى دقة (Accuracy) مقبول. أما التدقيق (Verification) فهى التأكد من صحة بناء النظام بمعنى صحة أدائه للمهام المنوط بها.

وهذه العمليات من النوع الديناميكى (Dynamic) لأنها تتغير فى كل مرة يتغير فيها نموذج النظام الخبير. وبالنسبة لقاعدة المعرفة يجب التأكد من أن لدينا القاعدة المناسبة بمعنى أن المعرفة قد تم بناؤها بطريقة صحيحة. وعمليات التحقيق والتدقيق من العمليات التى يجب تكرارها مرات عديدة خلال عمر النظام. وتطبيق هذه العمليات يستلزم إجراء اختبار للصفات الموضحة فى الجدول الموضح.

والتأكد من صحة المعرفة آليا (Automated Verification) يمكن انجازه بنظم الذكاء الآلى (Auto - Intelligence) كالآتى :

عند توصيف حالة جديدة باستخدام النظام الخبير يتم إعطاء معامل ثقة (Confidence Factor) لكل إختيار وبمقارنة معاملات الثقة بالمعاملات التى يحددها الخبير يمكن قياس دقة النظام الخبير (Accuracy) كما تعكسه كل حالة. وبتكرار عملية المقارنة على حالات كثيرة يمكن الوصول إلى مقياس شامل لأداء النظام الخبير.

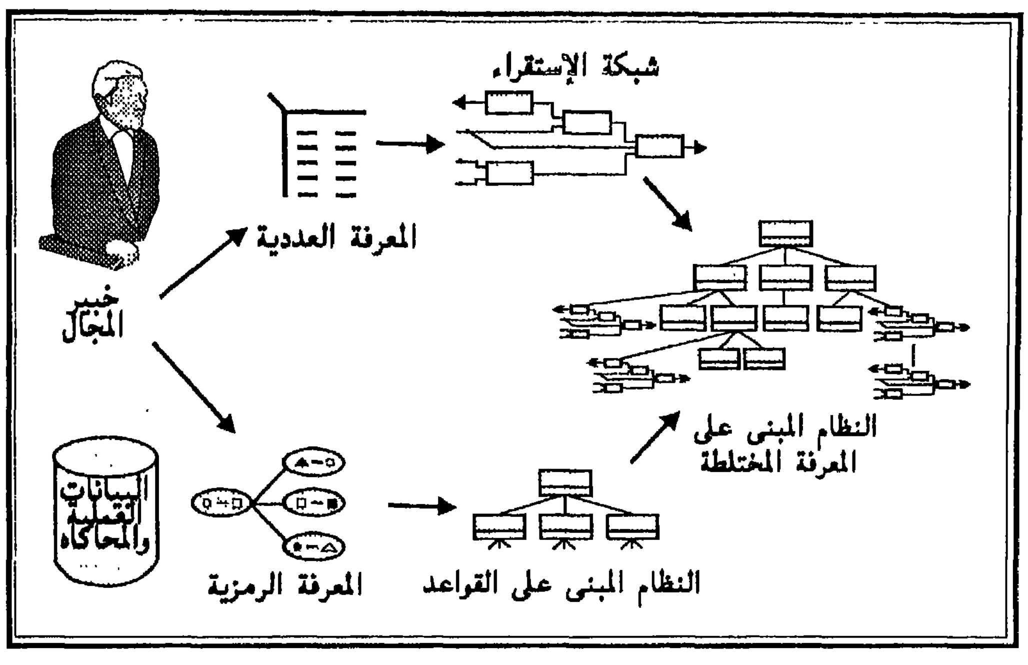
الصفة القياسية	الوصــــــف
الدقة (Accuracy)	كيف يعكس النظام الواقع ومدى صحة المعرفة داخل قاعدة المعرفة.
التأقلم (Adaptability)	الأخذ فى الإعتبار إحتمالات تغييرات مستقبلية.
الإكتمال (Completeness)	إكتمال أجزاء المعرفة داخل القاعدة
العمق (Depth)	درجة تفاصيل المعرفة.
العمومية (Generality)	قدرة قاعدة المعرفة على الإستخدام على نطاق واسع من المشاكل المشابهة.
الواقعية (Realism)	مطابقة المتغيرات والعلاقات بينها للواقع.
الإعتمادية (Reliability)	صحة جزء من إستنتجات النظام الخبير بحيث يمكن الإعتماد عليها أو الوثوق بها.
الحساسية (Sensitivity)	تأثير التغييرات فى قاعدة المعرفة على جودة المخرجات.
الفائدة (Usefulness)	مدى فائدة المعرفة (متغيرات وعلاقات) للوصول إلى الحل الصحيح.
التحقق (Validity)	التحقق من قدرة قاعدة المعرفة على إعطاء إستنتجات صحيحة.

٣ - ١٥ إكتساب المعرفة العددية والوثائقية
(Numeric and Documented Knowledge Acquisition)

تتعامل طرق إكتساب المعرفة مع المعرفة المرمزة (Symbolic Knowledge) لهذا دعت الحاجة إلى استحداث طريقة جديدة لاكتساب المعرفة العددية وكان الاقتراح هو تدعيم نظام اكتساب المعرفة المرمزة بآخر لاكتساب المعرفة العددية فيما عرف بعملية إكتساب المعرفة المختلطة (Hybrid Knowledge Acquisition Process) وهذه المنهجية موضحة فى شكل (٣ - ١٠).

أما فى نظم إكتساب المعرفة الوثائقية فتستخدم الوثائق بدلا من الخبير ويطلق على هذه النظم النظم المبنية على المعرفة (Knowledge - Based Systems) حيث ينحصر الإهتمام فى تداول أكبر كم من المعلومات وليس الإستفادة من الخبرات المتاحة. وحاليا

يوجد القليل من الطرق التى تستخدم نظام إكتساب المعرفة من الوثائق بالرغم من إستعداد هذا النظام للآلية (Automation) حيث يمكن نقل المعرفة إلى قاعدة بيانات ثم تتم عملية تحليل المعرفة يدويا أو بأحد تقنيات الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة. وهكذا يمكن إستخدام النظم الخبيرة فى بناء نظم خبيرة أخرى.



شكل (٣-١٠)

ويمكن للنظم الخبيرة عمل مسح (Scan) لقواعد البيانات أو نقل الكتب والجرائد والمجلات وهى قدرات تزداد دائما بالبحث والتجربة ويمكن إسترجاع البيانات المخزنة فى أى حاسب آلى بطريقة إلكترونية لاستخدامها لبناء أو تحديث قاعدة المعرفة للنظام الخبير دون تدخل من مهندس المعرفة أو الخبير.

الفصل الرابع

تمثيل المعرفة

(Knowledge Representation)



٤ - ١ مقدمـــة

تتكـــون معظـــم نظـــم الذكـــاء الإصطناعـــى مـــن جزئيـــن رئيســـيين همـــا قاعـــدة المعرفـــة (Knowledge Base) وآلة الإستدلال (Inference Engine).

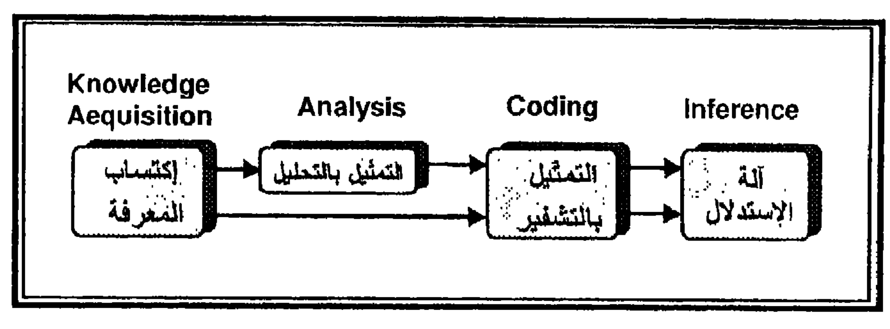
وتعتبـــر قاعـــدة المعرفـــة بمثابـــة القلـــب النابض للنظـــام لأنهـــا تحتـــوى عـــلى كـــل الحقـــائق (Facts) المتعلقة بالمشكلة المطلوب حلها بالإضافة إلى حصيلة الخبرة المكتسبة والمتاحة للخبـــراء فـــى هـــذا المجـــال ولذلك تسمـــى النظـــم الخبيـــرة أحيانـــا بالنظـــم المبنيـــة علـــى المعرفـــة (Knowledge - Based Systems). ويمكـــن أن تحتـــوى قاعدة المعرفة على القواعـــد (Rules) والنظريـــات (Theories) وطـــرق أو برامـــج إجرائية تطبيقية بحيث تمثل فى النهايـــة مصـــدر الذكـــاء (Source of Intelligence) للنظام الخبير . وهذا المصدر يتيح لآلة الإستدلال ، والتى سيأتـــى شـــرحها بالتفصيل فيما بعد ، الوصول إلى النتائج عن طريق الإستنتاج المنطقى. ومن أهم مزايا النظم الخبيرة إنفصال قاعدة المعرفة عن المكونات الأخرى مما يسمح بزيادة رصيد المعرفة والخبرة أو تعديلها دون المساس بعمل المكونات الأخرى. ويمكن تمثيل المعرفـــة بعـــدة طـــرق أو نمـــاذج (Schemes) ونتيجة تعدد هذه النماذج تظهر مشكلة حيويـــة وصعبـــة تتـــركز فـــى تحديـــد معـــايير إختيـــار النمـــوذج المناسب لتمثيل المعرفة ووصف خبرات الخبير بحيث يجمع هذا النموذج المختار بين القدرة على التعبيـــر عـــن المعرفة وبين كفاءة عمليات المعالجة الآلية أى الوقت الذى يستغرقه النموذج فى عملية المعالجة. وهنا نواجه تناقضا بين الاختيارين ، فالطرق أو النماذج التى تستخدم اللغة الطبيعية التى تلائم المستخدم ، بما تتمتع به من حرية فائقة ومرونة عالية فى وصف المعرفة ، تتطلـــب جهـــدا كبيـــرا مـــن الآلـــة لكشـــف مضمونها وفهمها فهما سليما بينما النموذج المبنى على استخدام لغة برمجة نمطيـــة أو متقدمـــة يتميـــز بسرعة حساب ومعالجة فائقة.

وتمثيل المعرفة بصفة عامة له مزايا عديدة يمكن أن نذكر منها الآتى :

- التحقـــق مـــن صحـــة المعرفـــة والقـــدرة الدائمـــة علـــى تحسينها عـــن طريـــق الإتصـــال الدائـــم بيـــن المستخدم وفريق التطوير.
- إختبار وكشف أعطال النظام نتيجة التصميم الصحيح والتوثيق الجيد.
- المساعدة على إكتمال المعرفة (Completeness) لوجود الأساليب التـــى تشجع علـــى استكمال الوثائق مع تأمين الجودة بالمراجعة المستمرة مع المستخدم.
- توفيـــر فرصـــة جيـــدة للحصـــول علـــى حلـــول صحيحـــة ودقيقـــة للمشاكل نظـــرا لاكتمـــال المعرفـــة والإختبار الدائم لمنطق النظام (System Logic).

- سهولة صيانة المعرفة نتيجة الجهد الضئيل المبذول لفهم وترجمة الشفرة (Code) الخاصة بالمعرفة داخل القاعدة.
- زيادة كم البرامج المنتجة نتيجة التوثيق الجيد والإتصال المستمر بالمستخدم والتحسين الدائم لقاعدة المعرفة.
- ضمان سهولة عمليات التشفير (Coding) نتيجة التركيب البنائى للمعرفة داخل القاعدة.

وهناك نوعان رئيسيان لتمثيل المعرفة ، النوع الأول يدعم التحليل والنوع الثانى يستخدم فى التشفير الحقيقى (Actual Coding). والعلاقة بين هذين النوعين وبقية عمليات هندسة المعرفة (Knowledge Engineering) موضحة فى شكل (٤-١).



شكل (٤-١)

وتستخدم طرق تحليل المعرفة عادة فى دعم عمليات إكتساب المعرفة فى مرحلة تحديد الهدف وعملية التجميع الأولى لها وذلك عن طريق تحليل المعارف الأولية وتنظيمها. وبمجرد الإنتهاء من عمليات التنظيم تبدأ عملية التشفير باستخدام واحد أو أكثر من طرق التشفير.

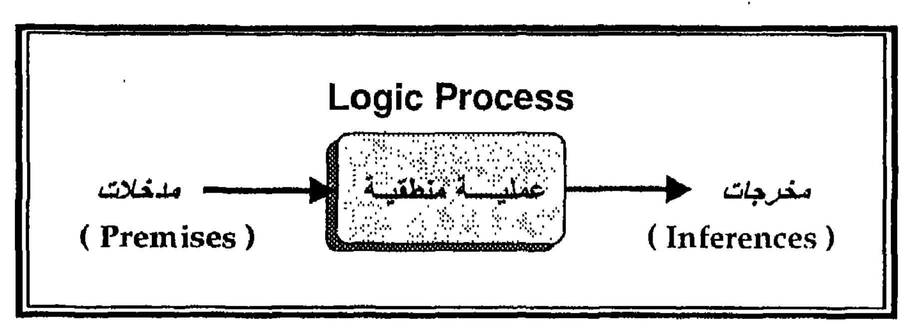
ومن أمثلة طرق التحليل : الشبكات الدلالية (Semantic Networks) والسيناريوهات (Scripts) وجداول القرار (Decision Tables) ، ومن أمثلة طرق التشفير : الهياكل (Frames) وقواعد الإنتاج (Production Rules). وفى هذا الفصل سيتم شرح معظم هذه الطرق بالتفصيل.

٤ - ٢ التمثيل المنطقى (Representation in Logic)

يعتبر التمثيل المنطقى للمعرفة من أقدم الأشكال المستخدمة فى تمثيل المعرفة. والمنطق هو الدراسة العلمية لعملية التفكير المنطقى ومحاولة تقنينها ومايصحب هذه الدراسة من استخدام للقواعد (Rules) والإجراءات (Procedures) كأدوات مساعدة وهو علم فرعى من علوم الفلسفة. وأى عملية منطقية كالموضحة فى شكل (٤ - ٢) لها بعض الصفات المميزة والمصطلحات المتعارف عليها. فالمدخلات لهذه العملية تسمى مقدمات (Premises) وهى عبارة عن حقائق أو معلومات أو

ملاحظات والمخرجات تسمى إستدلالات (Inferences) وهى إما إستنتاجات أو توصيات. وباستخدام العمليات المنطقية يمكن استخدام حقائق صحيحة (True) لاستنتاج حقائق أخرى تكون صحيحة أيضا.

ولكى يقوم الحاسب بالإستنتاج المنطقى يجب إستخدام طريقة لتحويل الجمل وعملية الإستنتاج إلى صورة تصلح للتشغيل بواسطة الحاسب. وناتج عملية التحويل هو مايسمى المنطق الرمزى (Symbolic Logic) وهو عبارة عن مجموعة من القواعد والإجراءات التى تعطى مخرجات من مدخلات عديدة ومتنوعة باستخدام الطرق المنطقية المختلفة.



شكل (٤-٢)

وهناك نوعان من المنطق الخاص بالحاسبات وهما منطق الإستبيان (Propositional Logic) ومنطق الإسناد (Predicate Logic) ويتم شرحهما فى الأجزاء التالية :

١- منطق الإستبيان (Propositional Logic) هو منطق الحكم على جملة ما بالنفى أو الإيجاب (False or True) وتستخدم الإجابة كأداة إستدلال تساعد فى عمليات الإستنتاج المنطقى أو لاستنتاج حكم منطقى آخر. والحكم المستنتج يتم تقييم صحته (Truth or T) أو خطئه (Falsity or F) عن طريق القواعد (Rules). ويستخدم منطق الإستبيان الرموز (Symbols) مثل الحروف (Letters) لتمثيل أى إستبيان أو مدخلات أو إستنتاجات.

مثال :

Statement : A = The mail carrier comes Monday through Saturday
Statement : B = Today is Sunday
Conclusion : C = The mail carrier will not come today

وهذا مثال بسيط يوضح كيفية استخدام المنطق للوصول إلى نتائج. فساعى البريد يأتى يوميا من الإثنين الى السبت ، واليوم هو الأحد ، لذلك لن يأتى ساعى البريد اليوم. وهو كما ذكرنا

مثال بسيط لايعكس المشاكل الحقيقية التى يحاول الإنسان حلها بالمنطق لاحتواء هذه المشاكل على العديد من العلاقات المتداخلة والاستبيانات المركبة. ويمكن محاولة تمثيل هذه المشاكل بتمثيل الاستبيانات المركبة باستخدام المعاملات المنطقية والتى تسمى أدوات الربط مثل (AND , OR , NOT , EQUIVALENT , IMPLIES). والشكل (٤-٣) يوضح هذه الأدوات (Connectives) والرموز المستخدمة فى تمثيلها.

أداة الربط (Connective)		الرمز (Symbol)
AND	الوصل	^ , & , ∩
OR	الفصل	V , U , +
NOT	النفي	¬ , ~
IMPLIES	الإستلزام	⊃ , →
EQUIVALENT	التطابق	≡

شكل (٤-٣)

وتستخدم هذه الأدوات لربط أو تعديل استبيانات للحصول على استبيانات أخرى جديدة. وفيما يلى أمثلة على كيفية عمل هذه الأدوات :

A = it is raining today

NOT A = it is not raining today

أى إذا كانت الجملة (A) صحيحة (True) فإن المعامل (NOT) يحولها إلى جملة غير صحيحة (False).

D = The car is black

E = The car has Six - cylinder engine

F = D AND E

P = The moon is a satellite

Q = The earth is a satellite

R = P OR Q

والمعامل (OR) له العديد من التراكيب عند استخدامه نوضحها بالجدول الآتى :

P	Q	R
F	F	F
F	T	T
T	F	T
T	T	T

ويتضح من الجدول أن قيمة (R) تكون (F) أى (False) عندما يكون كل من (P) ، (q) غير صحيح (False) وتكون صحيحة (True) فى باقى الحالات.

أما المعامل (Implies) فيمكن توضيحه من السطور التالية :

A = The car's Engine is defective
B = I cannot drive today
C = A IMPLIES B

وهذا يعنى أن الجملة (A) الصحيحة تحتم أن تكون الجملة (B) صحيحة أيضا.

وهكذا نجد أنه باستخدام الرموز وأدوات الربط يمكن التعبير عن مجموعة كاملة من المدخلات والإستنتاجات التى تشبه إلى حد كبير المعادلات الرياضية.

٢ - منطق الإسناد (Predicate Logic)

بالرغم من أن منطق الإستبيان يعد من البدائل المستخدمة لتمثيل المعرفة إلا أنه لايستخدم فى مجال الذكاء الإصطناعى لقصوره فى تمثيل معارف العالم الحقيقى ، والتى يمكن أن تكون غير كاملة ، وذلك لأن منطق الإستبيان يتعامل مع المعارف الكاملة فقط لذلك يستخدم الذكاء الإصطناعى منطق الإسناد. وهذا المنطق هو من صور المنطق الأكثر تعقيدا والذى يستخدم كل مبادىء وقواعد منطق الإستبيان ولكنه يقدم قدرات إضافية لتمثيل المعرفة فى أدق صورها.

يقوم منطق الإسناد على تقسيم الجملة إلى أجزاء تتضمن الشىء وخواص هذا الشىء وأى حقائق مؤكدة عن هذا الشىء بالإضافة إلى استخدام متغيرات (Variables) أو دوال فى صورة جمل منطقية مرمزة. ونتيجة لذلك نحصل على نموذج قوى لتمثيل المعرفة يمكن استخدامه لحل المشاكل الحقيقية التى يعجز عن حلها منطق الإستبيان. ومنطق الإسناد هو الأساس الذى بنيت عليه لغة الذكاء الإصطناعى التى تسمى برولوج (PROLOG) أو البرمجة بالمنطق (Programming in Logic) وهذه اللغة سوف نتناولها بالشرح والتحليل فى الفصول التالية من هذا الكتاب. وبإنتهاء عملية تمثيل المعرفة سواء باستخدام منطق الإستبيان أو منطق الإسناد تصبح جاهزة لإجراء عمليات الإستدلال والإستنتاج.

٤ - ٣ الشبكات الدلالية (Semantic Networks)

تعتبر شبكات الألفاظ الدلالية واحدة من أقدم طرق تمثيل المعرفة وأكثرها وضوحا وهى تتكون من مجموعة من العقد (Nodes) والروابط (Links). وتندرج طريقة التمثيل بالشبكات تحت قائمة

الطرق الجرافيكية للتمثيل وهى تظهر العلاقات الهرمية (Hierarchical Relationships) بين الأشياء.

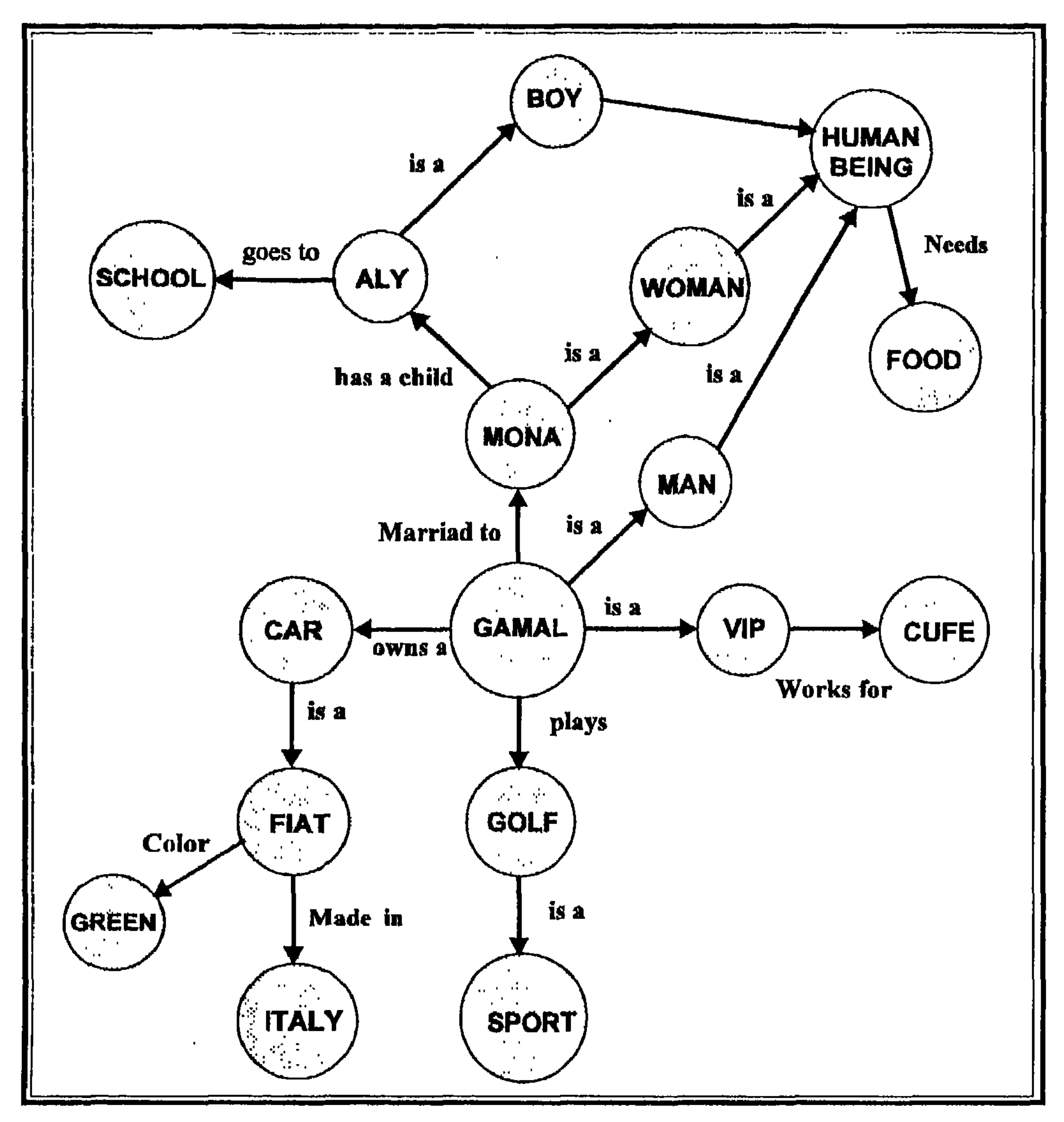
والشكل (٤ - ٤) يوضح شبكة دلالية بسيطة تتكون من مجموعة من الدوائر (Circles) أو العقد (Nodes) وهى تمثل الأشياء (Objects) ومعلومات وصفية عن هذه الأشياء. وهذه الأشياء يمكن أن تكون أشياء طبيعية مثل كتاب ، عربة ، مقعد أو حتى شخص. ويمكن للعقد أن تمثل أيضا أحداث (Events) أو مبادئ أو أفعال (Actions). والمبادئ يمكن أن تكون مثل قانون أوم للتيار والأحداث مثل الإنتخابات والأفعال مثل بناء منزل أو كتابة خطاب ويمكن أيضا أن تمثل العقد الصفات المميزة (Attributes) للأشياء الممثلة مثل اللون والحجم والعمر وهكذا.

وتتصل العقد ببعضها بروابط (Links) أو أقواس (Arcs) وهذه الأقواس توضح العلاقات (Relationships) بين الأشياء وبعضها. ومن أكثر أنواع الأقواس إستخداما وأكثرها شيوعا هو القوس (is - a) أو (has - a type). والنوع (is - a) ، والذى يعرف بالإسم (isa) يستخدم لبيان المرتبة أو الفئة بمعنى ما إذا كان شيء معين ينتمى لفئة أعلى أو قطاع من الأشياء وبمعنى أبسط الترتيب الهرمى للأشياء (Hierarchies). أما القوس (has - a) فيستخدم لتحديد خواص أو الصفات المميزة للأشياء الممثلة بالعقد كما يتضح من الشكل (٤ - ٤). أما شبكات الألفاظ الدلالية التى تستخدم لوصف اللغات الطبيعية فإنها تستخدم أقواس مثل (Works for) ، (Needs) وذلك كما يتضح من الشكل (٤ - ٤).

ويلاحظ من الشكل أن فى منتصف نطاق المعلومات شخص إسمه جمال. وتوضح أحد الروابط (Links) أن هذا الشخص رجل وهذا الرجل هو إنسان (Human Being) أو هو جزء من نوع يسمى الإنسان أى أنه ليس حيوانا أو جمادا وتوضح رابطة أخرى أنه متزوج وله إبن يذهب إلى المدرسة. وهكذا نجد أن حجم الشبكة الدلالية يعتمد على نوع المشكلة المطلوب حلها.

ويلاحظ من الشكل أن العلاقة (isa) تؤدى إلى تكوين التوارث الهرمى (Inheritance Hierarchy) فى الشبكة ويعنى ذلك أن أى عنصر أدنى فى الشبكة يمكن أن يرث الخصائص من عناصر أعلى. على سبيل المثال الرباط الذى يوضح أن جمال هو رجل وبالتبعية فهو إنسان أى أن هذا الشخص يرث صفة الإنسانية لأنه رجل. عندئذ يمكن الإجابة بسهولة على هذا السؤال : هل جمال يحتاج إلى طعام ؟ والإجابة هى نعم لأن كل إنسان يحتاج إلى طعام وذلك بسبب خاصية توارث الصفات. وهذه الخاصية تساعد إلى حد كبير فى توفير الحيز المستخدم لأن المعلومات الخاصة بالعقد المتماثلة ليس مطلوبا تكرارها فى كل عقدة. وتلك الخاصية تنطبق أيضا على العلاقة (has - a). لذلك فإن الشبكات الدلالية تعتبر وسيلة فعالة لتمثيل المعرفة فى المجالات التى تستخدم المبادئ العامة للتصنيف العلمى (Taxonomies) وذلك لتبسيط حل المسائل. والشبكة الموضحة فى

شكـــل (٤-٤) يمكن إختصارها باستخدام خاصية توارث الخصائص لتصبح أقل حجما كمـا يتضـح مـن الشكل (٤-٥)



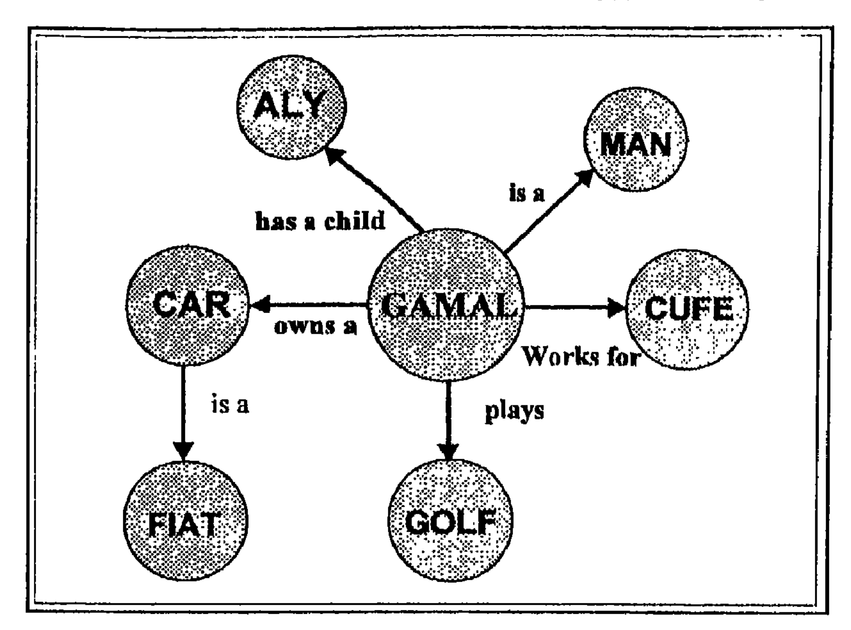
شكل (٤-٤)

وتستخدم الشبكات الدلالية أيضا بنجاح فى مجال بحوث اللغات الطبيعية وذلك لتمثيل الجمل المركبة باللغة الإنجليزية. على سبيل المثال الجملة التالية :

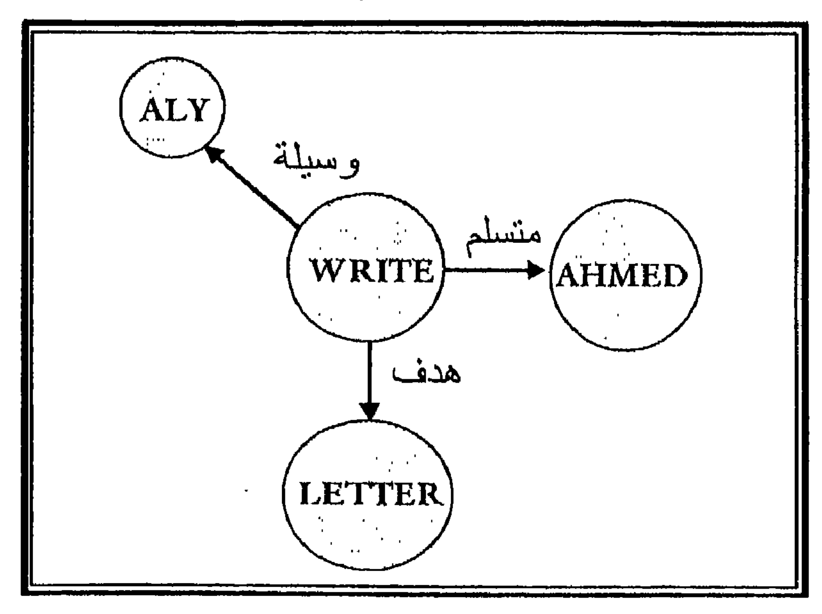
Aly writes a letter to Ahmed

أى على يكتب خطابا لأحمد

هـذه الجملـة يمكـن تمثيلها كما يتضـح مـن الشـكل (٤ - ٦) ويلاحـظ فـى هـذا المثـال الأقـواس المستخدمة فى تعريف العلاقة بين (Letter) ، (Aly) ، (Ahmed).



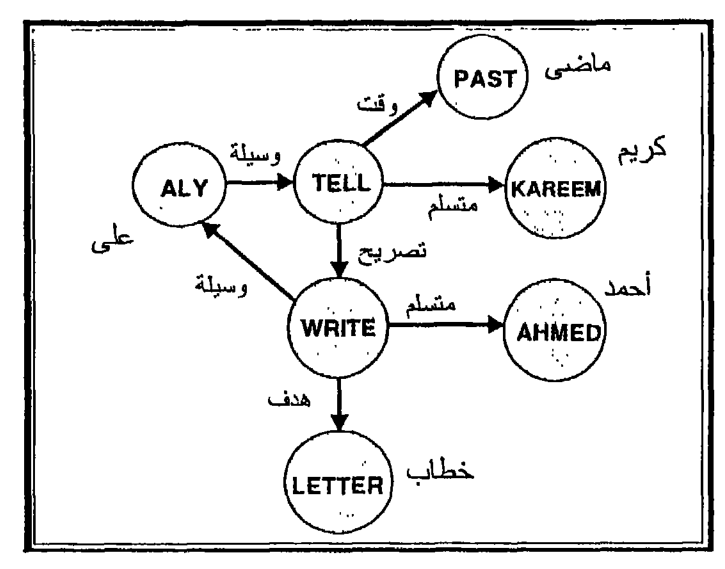
شكل (٤ - ٥)



شكل (٤ - ٦)

وبنفس الطريقـة يمكـن تمثيل جملة أكثر تعقيدا من السابقة وذلك كمـا يتضح مـن الشكـل (٤ - ٧) والذى يمثل شبكة دلالية تكون الجملة الآتية :

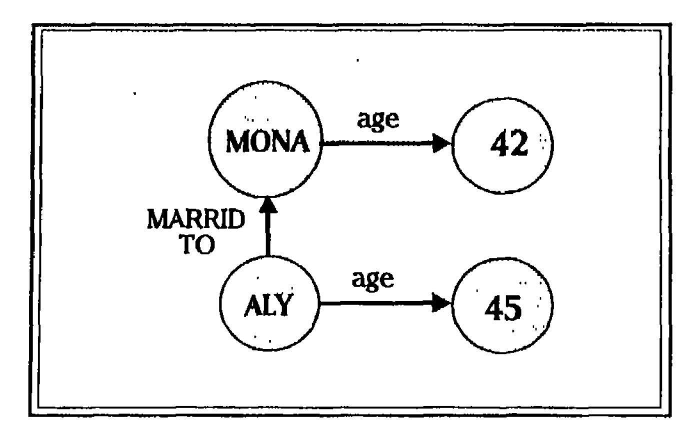
Aly told Kareem that he wrote a letter to Ahmed



شكل (٤-٧)

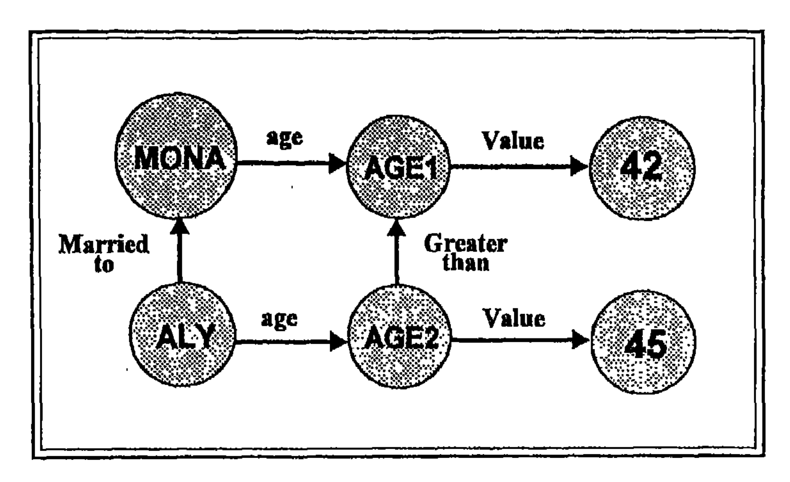
والتمثيل باستخدام الشبكات الدلالية يعتبر مفيدا وفعالا لأنه يوفر أسلوبا قياسيا لتحليل معنى الجملة ، كما أنه يوضح التشابه فى المعانى بين الجمل التى ترتبط ارتباطا وثيقا ببعضها البعض ولكنها تختلف فى تركيبها. فرغم أن الجملتين الموضحتين فى شكل (٤ - ٦) وشكل (٤ - ٧) تبدوان مختلفتين ، إلا أن تمثيلهما باستخدام الشبكات الدلالية وضح التشابه بينهما ، فلو دققنا النظر فى الشكلين لوجدنا أن مكونات الشكل (٤ - ٦) موجودة بأكملها فى الشكل (٤ - ٧).

والمثال التالى يوضح كيفية تمثيل الخصائص المميزة (Attributes) لشىء معين باستخدام شبكة دلالية كالمبينة فى شكل (٤ - ٨). ويلاحظ أن السن تم تحديده كقيم عددية فى عقد مرتبطة.



شكل (٤-٨)

أما شكل (٤ - ٩) فهو يوضح طريقة أكثر مرونة لتمثيل هذه المعلومات الموجودة في شكل (٤-٨) حيث يسند إلى (ALY) و (MONA) عقدا تسمى (AGE 1) و (AGE 2) ثم تأخذ هذه العقد بدورها قيما عددية حقيقية. وهذا التمثيل يعتبر أكثر مرونة لأنه يأخذ في الإعتبار إحتمالات التغيير في السن بالإضافة إلى أن العلاقة بين عمر على ومنى يمكن تمثيلها باستخدام الرابطة أكبر من (Greater than).



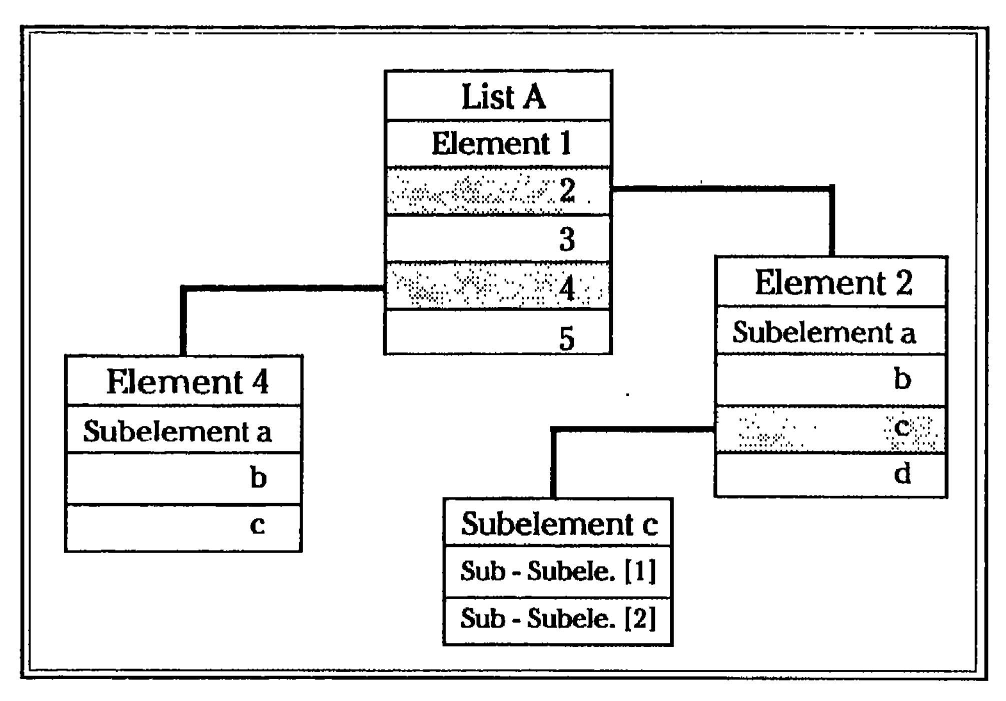
شكل (٤-٩)

ورغم أن الشبكات الدلالية طرق جرافيكية بطبيعتها إلا أنها لاتظهر كذلك في الحاسب بل تظهر كل الأشياء والعلاقات بينهما في صور لفظية وهذه الصور يتم برمجتها بإحدى لغات البرمجة العديدة المتاحة. ولأن البحث خلال الشبكة الدلالية - وخاصة الشبكة كبيرة الحجم - يعتبر عملية صعبية ومعقدة لذلك تستخدم الشبكات الدلالية للأغراض التحليلية (Analysis Purposes) كأدوات بصرية لعرض العلاقات المختلفة بين الأشياء ويمكن أيضا دمجها مع طرق تمثيل أخرى.

٤ - ٤ القوائم والأشجار (Lists and Trees)

تستخدم القوائم والأشجار ، وهي تراكيب بسيطة ، في تمثيل المعرفة الهرمية (Hierarchical Knowledge). والقوائم هي عبارة عن مجموعة من العناصر المرتبطة والمكتوبة في قائمة (List) مثل قائمة أشخاص تعرفهم أو قائمة متطلبات منزلية سيتم شراؤها أو قائمة بأعمال مطلوب إنجازها. وتستخدم القوائم عادة في تمثيل المعرفة المجمعة والمصنفة تبعا لأولويات محددة أو علاقات فيما بينها.

وفى البداية تقسم الأشياء إلى مجموعات (Groups) أو فئات ذات عناصر متشابهة وتمثل العلاقات بينها عن طريق ربطها معا فى شكل هرمى كالموضح فى شكل (٤ - ١٠). ولكل قائمة إسم يميزها مثل قائمة (A) وبها إثنين أو أكثر من العناصر. ويمكن لأحد عناصر القائمة مثل العنصر (٤) أن يكون إسما لقائمة تحتوى على عناصر فرعية (Subelements) وأيضا يمكن أن يكون أحد العناصر الفرعية ، مثل العنصر (C) ، إسما لقائمة أخرى من العناصر الفرعية .... وهكذا.

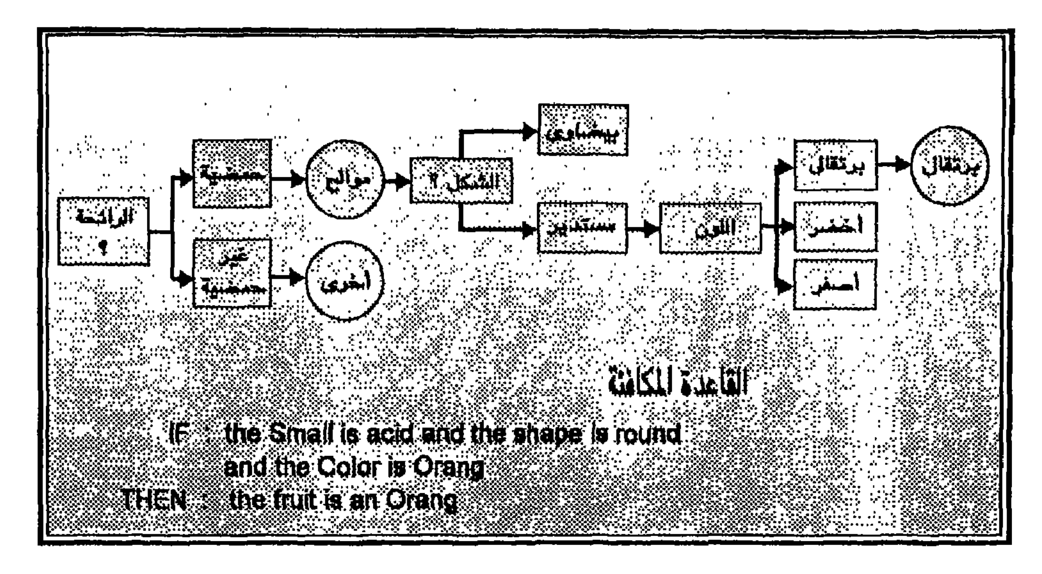


شكل (٤ - ١٠)

والطريقة الثانية من طرق تمثيل المعرفة الهرمية هى شجرة القرار (Decision Tree) وتستخدم عادة فى تحليل النظم غير الذكية. وشجرة القرار هى عبارة عن شبكة دلالية هرمية مرتبطة بواسطة مجموعة من القواعد لذلك فهى تجمع بين أسلوب البحث وعلاقات المعرفة. وتحتوى الشجرة على مجموعة من العقد (- Nodes) تمثل الأهداف (Goals) وروابط (Links) تمثل القرارات. وجذر (Root) الشجرة يكون جهة اليسار والفروع والأوراق ناحية اليمين. ومن أهم مميزات شجرة القرار قدرتها على القيام بعملية إكتساب المعرفة ببساطة شديدة لسهولة تعامل الخبير معها مقارنة مثلا بطريقة الهياكل أو الأطر (Frames). والشكل (٤ - ١١) يمثل شجرة قرار بسيطة والقاعدة المكافئة لها حيث يكون هدف إستخدام الشجرة هو تحديد نوع فاكهة ما.

ويلاحظ من الشكل أن الإنسان يبدأ بشم الفاكهة وتحديد ما إذا كانت من النوع الحمضى (Acid) أم لا. وإذا كانت من النوع الحمضى فهى تنتمى إلى عائلة الموالح وإذا كان شكلها دائرى فهى إما برتقال أو جريب فروت وأخيرا يأتى اللون لتحديد القرار النهائى.

وتوجد أشكال عديدة لشجرة القرارات منها الشجرة الموضحة فى شكل (٤ - ١٢) وفيه تمثل القوائم بصورة شجرة حيث تمثل العقد أسماء القوائم والأسهم تمثل العلاقات بين القوائم.



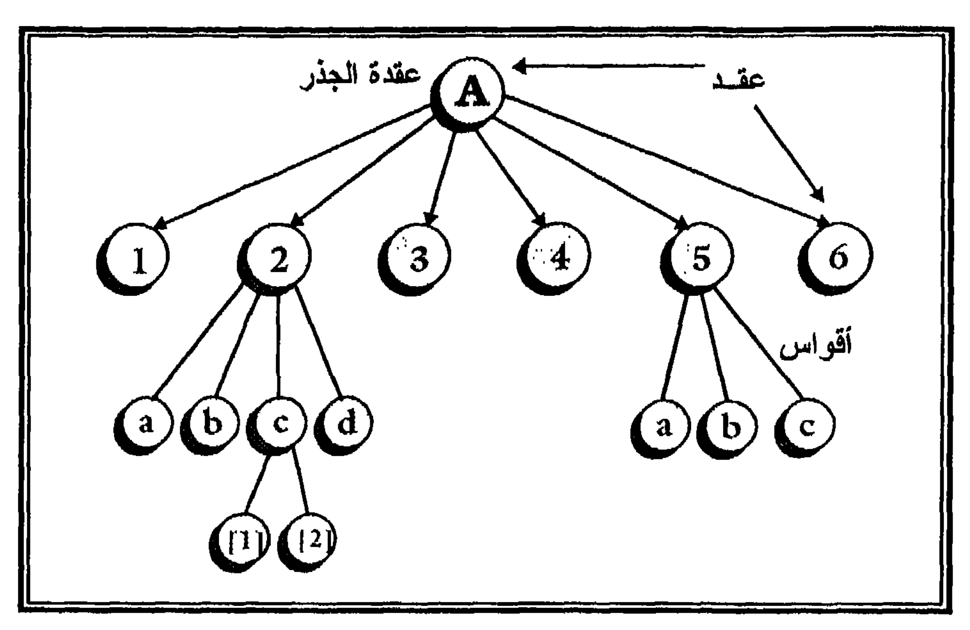
شكل (٤ - ١١)

وتستخدم القوائم والأشجار كثيرا فى معظم تطبيقات الذكاء الإصطناعى وهناك لغة خاصة تتعامل بالقوائم وهى لغة ليسب (LISP) وهى لغة البرمجة الرئيسية لتطبيقات الذكاء الإصطناعى ، وسوف نتناولها بالشرح فى الفصول التالية من الكتاب.

٤ - ٥ قواعد الإنتاج (Production Rules)

تعتبر قواعد الإنتاج من أكثر الأساليب الشائعة لتمثيل المعرفة. ويتم تمثيل قاعدة الإنتاج باستخدام جملة شرطية (IF - THEN) أو مجموعة من الجمل الشرطية. على سبيل المثال :

IF : A is true
and B is true
and C is false
THEN : Conclude Z



شكل (٤ - ١٢)

وعندما يتحقق الجزء الشرطى (IF) من القاعدة من الحقائق المنطقيـة والمعلومـات التـى يغـذى بها النظام الخبير فإنه يتم تنفيذ الجزء (THEN). وفيما يلى مثال بسيط على قواعد الإنتاج :

إذا تعطلت سيارتك فإن قواعد الإنتاج الخاصة بهذا الموقف تأخذ الصور الآتية :

Rule 1 :
IF : The car won't start and the fuel gauge reads zero
THEN : There is no fuel and the car must be refilled.

Rule 2:
IF : The car won't start and the fuel tank is not empty
THEN : The battery may be discharged and charge it.

Rule 3:
IF : The car has neither of these faults and the starter doesn't crank
THEN : Consider the possibility of a starter malfunction

وهكذا نجد أن قواعد الإنتاج السابقة يمكن أن يشملها نظام خبير يعطى المشورة لكشف وإزالة الأعطال الخاصة بالسيارات. ويلاحظ فى هذه القواعد أنه يمكن ربط أكثر من شرط باستخدام معامل الربط (AND) وينطبق ذلك أيضا على الجزء (THEN) ويمكن أيضا أن تحتوى القواعد على معامل الربط (OR) لربط الجمل الشرطية.

وتركيب الجملة الشرطية فى قاعدة الإنتاج يختلف من نظام خبير إلى آخر. وقد أجمع الخبراء على جود شكلين أساسيين لتركيب الجملة الشرطية أو القواعد فى أى نظام خبير. الشكل الأول هو التركيب الداخلى لتمثيل قاعدة المعرفة فى النظام وهو مايتم استخدامه فعلا بواسطة النظام الخبير. والشكل الثانى هو الشكل الخارجى (External Rule Format) وهو تركيب مرن وسهل ومقبول لقربه من شكل وتركيب اللغة الطبيعية وهناك فرق ملحوظ وواضح بين تركيب كل من الشكل الداخلى والخارجى لنفس القاعدة كما يتضح فى المثال التالى :

الشكل الداخلى للقاعدة

F (NCRNK.T) & F (DIM. F) → H (START , 0.7)

الشكل الخارجى للقاعدة

IF :The starter doesn't crank and the headlights are not dim
THEN :There is a starter malfunction (with a confidence of 0.7).

والرقم (0.7) يحدد نسبة المصداقية فى الإستنتاج الذى تم التوصل إليه باستخدام هذه القاعدة. وسوف نتعرض بالتفصيل لمعنى المصداقية وكيفية حسابها فى النظم الخبيرة فيما بعد.

وتتميز النظم الخبيرة المعتمدة على قواعد الإنتاج بعدة مميزات أهما مايلى :

١- توفر قواعد الإنتاج أسلوبا سهلا لتمثيل المعرفة يماثل إلى حد كبير نفس الأسلوب الذى يستخدمه الخبراء لشرح الأعمال التى يقومون بها فى مجال خبرتهم. وهذه الميزة هامة جدا لأنها تحقق سهولة نقل المعرفة من خبراء المجال إلى قاعدة المعرفة.

٢- تفرض قواعد الإنتاج هيكلا منتظما ومتماثلا على المعارف الموجودة بقاعدة المعرفة مما يجعل من السهل على أى مستخدم فهم طبيعة المعارف والمعلومات المخزنة بها. وهذه الميزة تعرف بالتماثل (Uniformity).

٣- تتميز قواعد الإنتاج باستقلالية البناء (Modularity) أى أن عمليات الإضافة أو التعديل أو الحذف التى تجرى على أى قاعدة لاتؤثر على القواعد الأخرى بالإضافة إلى أن ترتيب القواعد داخل قاعدة المعرفة غير مطلوب أى أن كل قاعدة تعتبر مستقلة عن الأخرى. لذلك تعتبر نظم قواعد الإنتاج مناسبة لمعمارية الجيل الخامس من الحاسبات الذى يستخدم المعالجة المتوازية للمعلومات.

ومن العيوب الواضحة فى نظم قواعد الإنتاج صعوبة تتبع مسار التحكم وذلك نتيجة إستقلالية كل قاعدة إنتاج عن الأخرى بالإضافة إلى خاصيـة التماثل فـى نظـم الإنتـاج. فليس هنـاك علـى سبيل المثال هيكل هرمى للبرنامج يتيح وجود قواعد رئيسية تتكون من مجموعة من القواعد الفرعية على غرار البرامج النمطية والتى يسهل معها تتبع مسار التحكم فى عمل البرنامج.

وأيضا من العيوب التى تسببها إستقلالية البناء الداخلى فى نظم قواعد الإنتاج وجـود عـبء كبير على مصادر النظـام ككـل تحـد مـن سـرعة رد الفعـل المطلوب ممـايؤثر علـى قـدرة النظـام علـى إتخاذ خطوات أوسع للإستدلال المنطقى المطلوب عندما يستدعى الأمر ذلك.

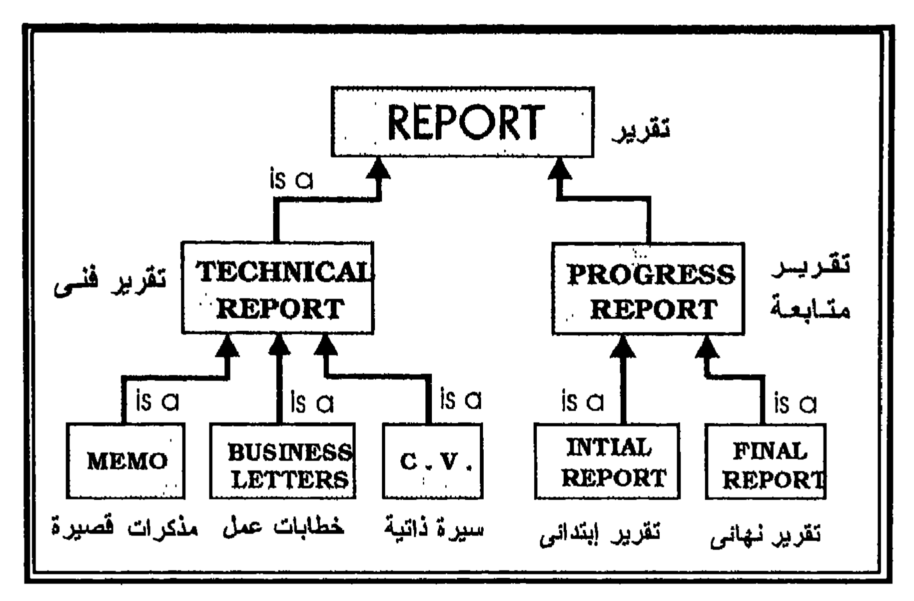
٤ - ٦ الأطر أو الهياكل (Frames)

الهيكل أو الاطار هو تركيب بيانى (Data Structure) يحتوى على كل المعـارف عـن شـىء محـدد. وهـذه المعـارف ممثلـة فـى تركيـب هرمـى (Hierarchical Structure) يسـمح باسـتقلالية المعرفة. والهياكل هى واحدة من تطبيقات البرمجة الشيئية (Object - Oriented Programming) فى مجال الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة.

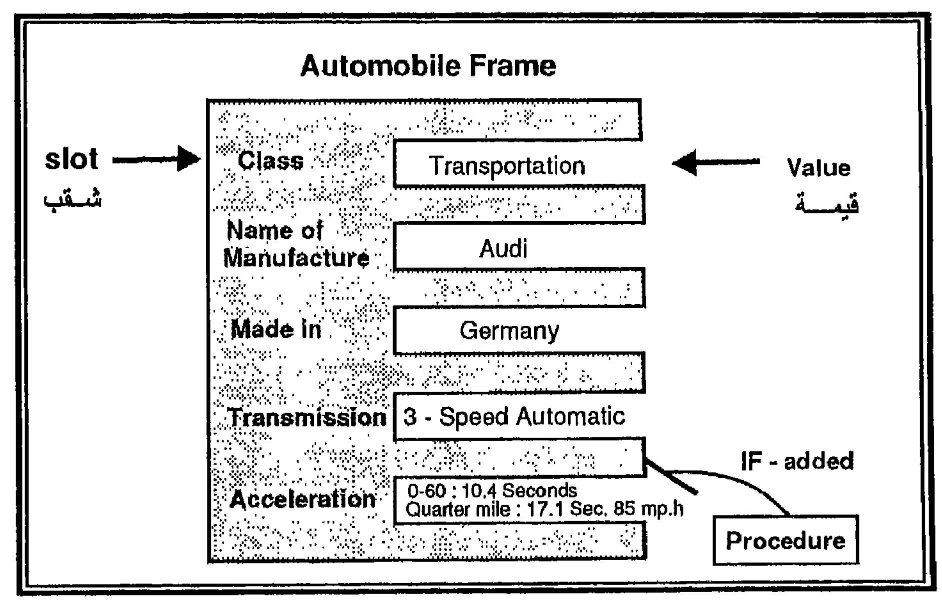
وكل هيكل أو إطار يصف شيئا واحدا (One Object) وهو عبارة عن شبكة مـن العقـد والعلاقات فيما بينها منظمة بأسلوب هرمى. حيث تمثل أعلى عقدة (Topmost Node) المفاهيم العامة وتمثل أدنى عقدة مزيدا من الأمثلـة أو المراحـل الخاصـة المرتبطـة بهذا المفهـوم الـذى تمثلـه العقـدة العليا. فمثلا أى تقرير (Report) يمكـن تمثيلـه باستخـدام الهيـاكل كمـا يتضـح مـن الشكل (٤ - ١٣) ويتـم تعريف كل مفهوم من المفـاهيم بكل عقـدة مـن العقـد المكونـة لنظـام الهيـاكل بواسـطة مجموعـة مـن الخصائص والصفات المميزة (Attributes) مثل العمر واللـون والإسـم والـوزن وخلافـه بالإضافـة إلـى مجموعة من القيم (Values) مرتبطة بهذه الصفات والخصائص مثل كلمة (محمد) بالنسـبة للإسـم وكلمـة (طفـل) بالنسبة للعمـر وكلمـة (ثقيـل) بالنسبة للوزن وهكـذا. وكـل صفـة أو خاصيـة مـن الخصائص والصفات المميزة يطلـق عليها حيـز ضيـق أو شقـب (Slot). ولكـل شـقب مجموعـة مـن الإجراءات (Procedures) مرتبطة بـه ويتـم تنفيذهـا عنـد حـدوث أى تغييـر بـالقيم الموجـودة بـه وهذه الإجراءات ماهى إلا مجموعة من أكواد الحاسب. ويوضح شكل (٤ - ١٤) عقدة من عقد نظام هياكل خاص بنوع معين من السيارات ممثلة بهذا الأسلوب.

وكل شقب يمكن أن يرتبط به أى عدد من الإجراءات. وهناك ثلاثـة أنواع مـن الإجـراءات هـى (IF - added) ، (IF - removed) ، (IF - needed). الأول يعنـى تنفيـذ الإجـراء عنـد إضافـة أى معلومات جديدة فى الشقب والثانى يتم تنفيذه عند حذف أى معلومات من الشقب والثالث يتم تنفيذه عند الحاجة للمعلومات داخل الشقب. وهذه الإجراءات يمكنهـا مراقبـة تخصيـص المعلومـات المناسـبة

إلى كل عقدة (Node) من عقد النظام والتأكد من تنفيذ الأنشطة المناسبة عندما تتغير القيم في الشقب.

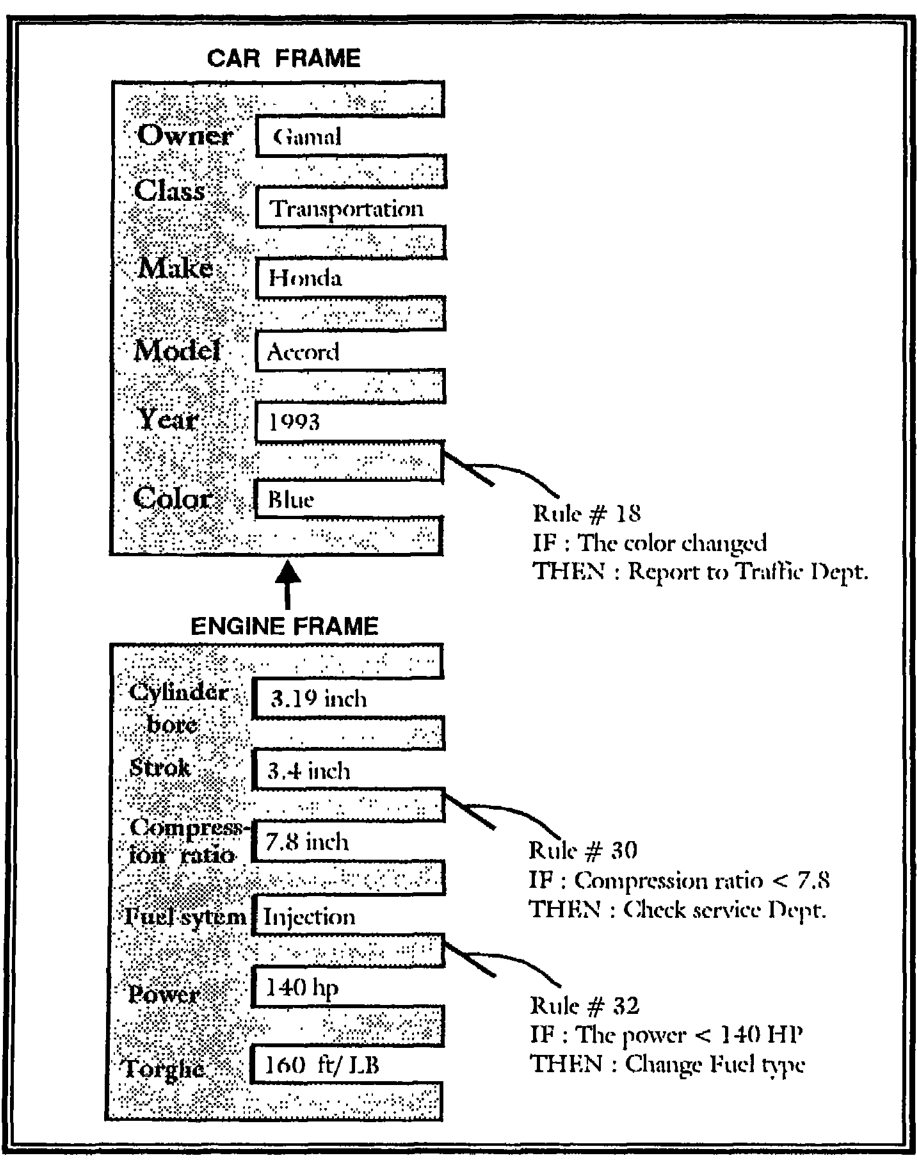


شكل (٤ - ١٣)



شكل (٤ - ١٤)

والشكل (٤ - ١٥) يوضح كيف يعمل نظام الهياكل ويلاحظ أن كل إطار مرتبط به عدة أنواع من المعلومات تشمل كيفية إستخدام الإطار ومايمكن توقع حدوثه بالإضافة إلى مايمكن عمله عندما لاتتحقق هذه التوقعات. وتتميز المستويات العليا للإطار بالثبات والإستقرار وتقوم بتمثيل أشياء تعتبر دائما حقيقية. أما المستويات الدنيا (Lower Levels) فإنها تحتوى على مجموعة من الشقوب تملأ عادة ببيانات ومعلومات جارية ومرتبطة بأوقات وحوادث معينة وهى بذلك تحل محل المعلومات العامة المبدئية. ويلاحظ أيضا أن بعض الشقوب تحتوى على قيم مبدئية (Default Values).



شكل (٤ - ١٥)

ولتنفيذ الهيكل الموضح فى شكل (٤ - ١٥) على الحاسب تستخدم أساليب عديدة تختلف باختلاف الأداة المستخدمة فى بناء النظام المطلوب. وكمثال على ذلك مايلى :

[CAR is a kind of THING with
OWNER
CLASS
MAKE
MODEL
YEAR
COLOR]
[OWNER is a kind of THING with NAME]
[CLASS is a PROPERTY with
RANGE : (TRANSPORTATION , CARGO)]
[MAKE is a PROPERTY with
RANGE : (FIAT , HONDA , BMW , LADA)]
[MODEL is a PROPERTY with
RANGE : (132/2000 , ACCORD , HSG622T , LADA 1300)]
[YEAR is a PROPERTY with
RANGE : (1990,1992,1993)
[COLOR is a PROPERTY with
RANGE : (RED , BLUE , BLACK , ORANG)]

ويعتمد أداء الهيكل أو الإطار إلى حد كبير على تنظيم وتركيب هذا الهيكل ولذلك فلابد من العناية الزائدة والجهد الكبير من أجل التصميم الجيد لمثل هذه النظم التى تستخدم الإطار فى تمثيل المعرفة لضمان التميز فى أدائها عن تلك المستخدم فيها قواعد الإنتاج.

وفيما يلى جدول يوضح بعض مميزات وعيوب طرق تمثيل المعرفة التى تم شرحها :

الطريقة	المميزات	العيوب
قواعد الإنتاج	سهولة الفهم ، سهولة الترجمة ، مرونة الإضافة والحذف.	صعوبة تمثيلها للمعرفة الهرمية ، غير كافية للنظم الكبيرة ، لايمكن تمثيل كل المعارف بقواعد ، صعوبة تمثيل المعارف الوصفية المركبة.
شبكات الألفاظ الدلالية	سهولة تمثيلها للمعرفة الهرمية ، سهولة متابعة العلاقات والروابط ، المرونة.	طريقة إتصال العقد قد يشوبها بعض الغموض ، صعوبة تمثيل الحالات الشاذة ، صعوبة البرمجة.
الهياكل	قدرة التمثيل التوضيحى ، سهولة إنشاء شقوب لخواص وعلاقات جديدة ، سهولة بناء إجراءات خاصة جديدة ، سهولة التعامل مع المعرفة غير الكاملة.	صعوبة البرمجة ، صعوبة الإستدلال ، البرمجيات المتاحة باهظة الثمن.
المنطق	تأكيد الحقائق بغض النظر عن إستخدامها ، الإكتمال.	إنفصال عمليات التمثيل والمعالجة ، غير كافية فى حالة زيادة حجم البيانات المستعملة ، بطيئة جدا مع قواعد المعرفة الكبيرة.


Converted by Tiff Combine - (no stamps are applied by registered version)

الفصــــل الخامــس

الإستــدلال والشــرح

(Inference and Explanation)



٥ - ١ مقدمة

فى الفصلين السابقين استعرضنا طرق اكتساب المعرفة وكيفية تمثيل هذه المعرفة فى قاعدة تعتبر بمثابة القلب النابض لنظم الذكاء الإصطناعى تسمى قاعدة المعرفة (Knowledge Base). وبمجرد الإنتهاء من بناء قاعدة المعرفة تبدأ مرحلة بناء برنامج تحكم (Control Program) للمساعدة فى معالجة المعارف داخل القاعدة وذلك بغرض الإستدلال (Inference) واتخاذ القرار (Decision Making) وحل المشاكل (Problem Solving) وهذا البرنامج هو عبارة عن خوارزم يتحكم فى بعض عمليات الإستنتاج المنطقى ويطلق عليه عادة آلة الإستدلال (Inference Engine).

ويقوم برنامج التحكم بتوجيه عمليات البحث (Search) خلال قاعدة المعرفة وهذه العملية قد تشتمل على تطبيق قواعد الإستدلال (Inference Rules) فيما يعرف بتطابق الأشكال (Pattern Matching) ويحدد برنامج التحكم أيا من هذه القواعد سيتم اختباره ، وأيا من البدائل سيتم حذفه وماهى الخواص والصفات المميزة المطلوب تطابقها.

وأكثر الأدوات شيوعا هى التسلسل المتقدم (Forward Chaining) والتسلسل الراجع (Backward Chaining) وقبل الشرح التفصيلى لطرق الإستدلال المستخدمة مع الذكاء الإصطناعى فإن من الأهمية بمكان عرض طريقة الإنسان فى الإستنتاج المنطقى ، والتى هى فى النهاية المقياس الحقيقى والقياس لأداء الذكاء الإصطناعى ، وذلك لنرى إلى أى مدى استطاعت الآلة محاكاة الطريقة البشرية فى الإستنتاج.

وهناك العديد من الطرق التى يستخدمها الإنسان فى الإستنتاج المنطقى وحل المشاكل وهذه الطرق مع اختلافها فإنها تشترك فى إستخدام المنهجيات الآتية :

- الطرق المنطقية للإستنتاج.
- الإستنتاج الهرمى باستعمال قاعدة (إذا - آنذاك) (IF - THEN).
- التركيز على أكثر الأهدف أهمية باستخدام الحدس (Common Sense).
- تقسيم المشاكل الكبيرة إلى مشاكل فرعية صغيرة ومحاولة حلها منفصلة.
- المعالجة العصبية المتوازية.
- التمثيل ، كطريقة لتنظيم معلومة معينة.
- التناظر ، لمحاولة إيجاد روابط بين المتغيرات.
- الحظ ، أو المصادفة السعيدة التى تؤدى إلى الحل الأمثل دون تكرار المحاولة.

وهـذه المنهجيـات تظهــر فــى طــرق الإستنتــاج الإسـتنباطى (Deductive Reasoning) ، وهــى من أفضل الطرق التى يمكن معالجتها باستخـدام الحـاسـب ، وطــرق الإستنتــاج الإستقرائــى (Inductive Reasoning) وهى أصعب فى عمليات البرمجة.

٥ - ٢ فئات الإستنتاج

٥ - ٢ - ١ الإستنتاج الإستنباطى (Deductive Reasoning)

هى عملية إستخدام المدخلات المنطقية العامة للحصول على إستدلال معين. فإذا كانت هذه المدخلات صحيحة (True) فإنه بالتبعية سيكون الإستنتاج صحيحا. وهذا الإستنتاج يبدأ بمبادىء عامة وينتهى باستنتاج محدد. والشكل العام لعملية الإستنتاج يبدأ بجملة مدخلات رئيسية (Major Premise) ثم مقدمة وسيطة (Minor Sentince) يليها الإستنتاج. وفيمايلى مثال يوضح طريقة الإستنتاج بالتبعية :

Major premise : I do not jog when the Temperature exceeds 35 degree
Minor Sentence : Today the Temperature is 38 degree
Conclusion : Therefore , I will not jog today

٥ - ٢ - ٢ الإستنتاج الإستقرائى (Inductive Reasoning)

يستخدم هذا الإستنتاج مجموعة من الحقائق المؤكدة أو المدخلات المنطقية للحصول على إستنتاجات عامة.

مثال

A : Faulty diodes cause electronic equipment failure
B : Defective transistors cause electronic equipment failure
C : Defective integrated circuits cause electronic equipment malfunction
Conclusion : Therefore, defective semiconductor devices are a cause of electronic equipment failure

ويتميز هذا النوع من الإستنتاج بأن الحصول على نتيجة الإستدلال يكون شاقا وقد يكون استدلالا غير كامل وذلك لأن الإستنتاج يمكن أن يتغير إذا ظهرت حقائق جديدة وفى هذه الحالة يحتوى الإستنتاج على قدر من عدم الثقة أو عدم المصداقية (Uncertainty).

٥ - ٢ - ٣ الإستنتاج التناظرى (Analogical Reasoning)

يعتبر هذا الإستنتاج من الطرق الأكثر إستخداما عند الإنسان فهو يعتمد على الإجابة على سؤال ما بطريقة تناظرية. على سبيل المثال عند سؤالك هذا السؤال

What are the working hours of Engineers in the company ?

فإذا كنت لاتعرف عدد ساعات عمل المهندسين ولكنك تعلم أن الموظفين عموما يعملون من الثامنة صباحا حتى الثالثة بعد الظهر فعن طريق التناظر يمكنك استنتاج أن المهندسين هم فئة من فئات الموظفين فى الشركة لذلك فهم يعملون نفس عدد ساعات الموظفين من الثامنة حتى الثالثة.

وهناك العديد من طرق الإستنتاج التى يستخدمها الإنسان والتى يحاول مصممو نظم الذكاء الإصطناعى محاكاتها.

ومن أشكال وأساليب الإستنتاج المنطقى المستخدمة فى النظم الخبيرة بواسطة آلات الإستدلال وأكثرها إنتشارا مايلى :

١ - الإستنتاج المنطقى الإجرائى.
٢ - التسلسل المتقدم.
٣ - التسلسل الراجع.

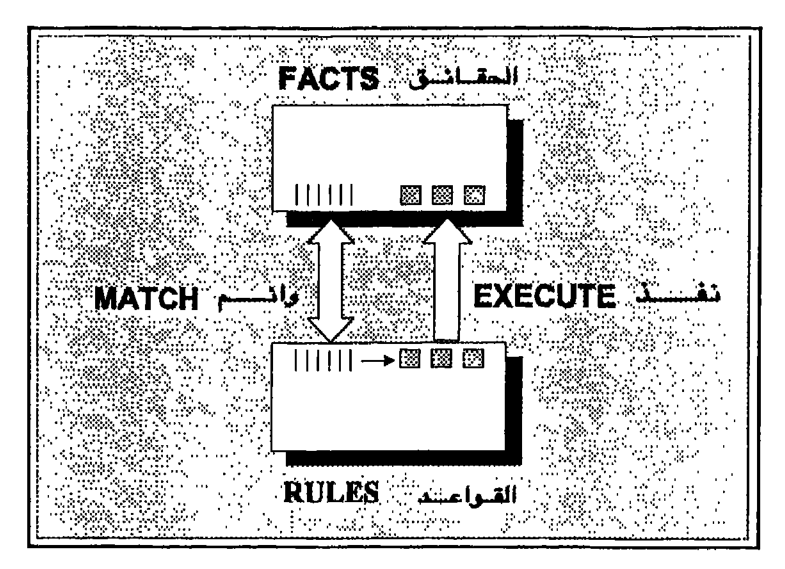
وتستخدم الطريقة الأولى فى النظم الخبيرة المبنية على الهياكل (Frame - based Systems) وكذلك النظم المبنية على الشبكات الدلالية (Semantic Network - Based Systems) أما الطريقتان الثانية والثالثة فتستخدمان فى النظم المبنية على قواعد الإنتاج (Production Rule - Based Systems). وسيتم تناول التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع بشىء من التفصيل فى هذا الفصل.

سبق أن أوضحنا فى الفصول السابقة أن أحد المكونات الأساسية للنظم الخبيرة هو آلة الإستدلال (Inference Engine) ، والتى تقوم بناء على المعلومات والبيانات المتعلقة بالمشكلة تحت الدراسة والواردة إلى النظام الخبير بانتقاء المعرفة المناسبة والمخزنة بقاعدة المعرفة والتى تتفق مع هذه المعلومات وتؤدى إلى حل المشكلة بالإضافة إلى استنباط المسببات التى تؤدى إلى الوصول إلى هذا الحل.

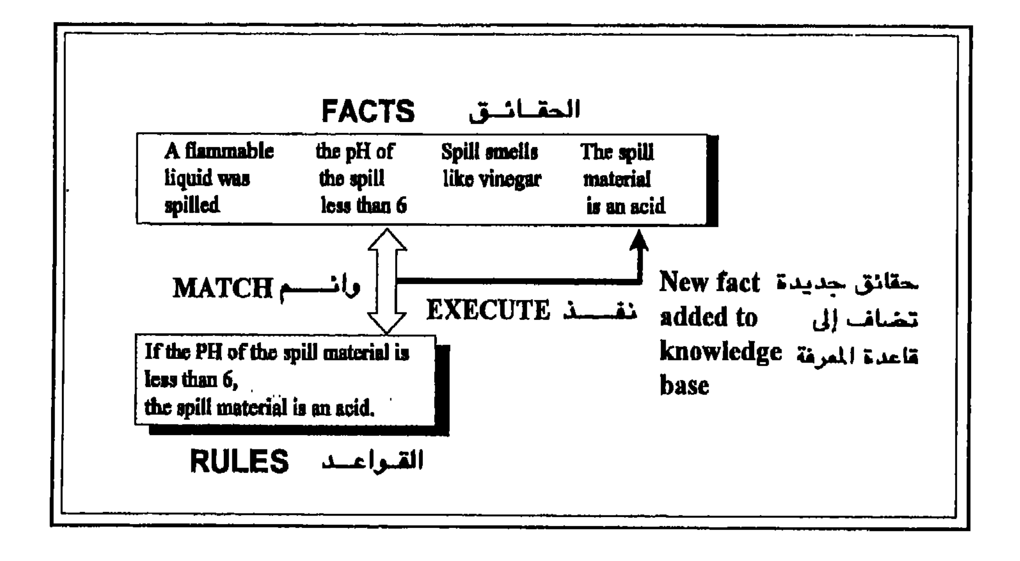
ولذلك فإن خاصية الإستدلال المنطقى (Reasoning) تعتبر من السمات المميزة لمجال الذكاء الإصطناعى والذى يندرج تحته بالطبع النظم الخبيرة. وخاصية الإستدلال المنطقى ولو فى حدود ضيقة تعتبر إحدى الخصائص المميزة لبرامج الذكاء الإصطناعى وتفرقه عن البرامج النمطية (Conventional Programs) المتعارف عليها. ولتوضيح خاصية الإستدلال المنطقى بمثال بسيط نفترض مثلا أن البرنامج يعلم أن " الأولاد جميعهم لهم أمهات " ويعلم أيضا أن " أحمد ولد " ، وبناء على ذلك يمكن أن يتوصل البرنامج إلى أن " أحمد له أم " دون أن يتم إعلامه بهذه الحقيقة بجلاء ووضوح وبأسلوب مباشر كما يحدث فى البرامج النمطية.

٥ - ٣ التسلسل المتقدم (Forward Chaining)

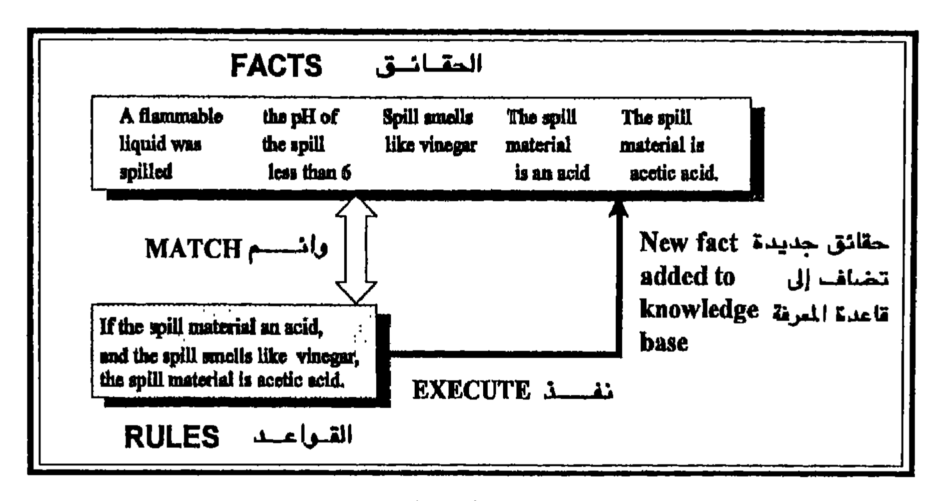
يتم تمثيل مجال المعرفة (Knowledge domain) فى النظم الخبيرة المبنية على قواعد الإنتاج (Rule - based Expert Systems) بواسطة مجموعة من القواعد كما سبق الإيضاح. وهذه المجموعة من القواعد يتم مقارنتها بمجموعة من الحقائق (Facts) أو المعارف الخاصة بالموقف أو المشكلة المعروضة على النظام الخبير لإيجاد حل لها. وإذا حقق الجزء "إذا" (IF-Portion) من القاعدة الحقيقة المعروضة عليه فإن الإجراء أو التوصية الموجودة فى الجزء "آنذاك" (Then-Portion) يتم تنفيذها. وبذلك يلاحظ أن آلة الإستدلال تقوم أولا بمواءمة الجزء (IF) من القاعدة مع الحقائق أو المعلومات المعروضة عليه ثم تقوم بعد ذلك بتنفيذ هذه القاعدة الذى يتفق الجزء (IF) الخاص بها مع تلك الحقائق أو المعلومات وذلك كما يتضح من الشكل (٥ - ١). وفى بعض الأحيان يمكن أن يؤدى تنفيذ قاعدة من القواعد إلى تعديل مجموعة من الحقائق فى قاعدة المعرفة وذلك كما يتضح من الشكل (٥ - ٢). ويمكن أن تستخدم الحقائق التى تم إضافتها إلى قاعدة المعرفة لتحقيق مواءمة أو مواءمات أخرى مع الجزء (IF) من القواعد (Rules) كما يتضح من الشكل (٥ - ٣). وعند تنفيذ الإجراء المطلوب قد يكون متصلا إتصالا مباشرا ومؤثرا فى العالم الحقيقى (Real world) ، مثل إستدعاء المطافى مثلا وذلك كما يتضح من الشكل (٥ - ٤).


FACTS الحقائق
MATCH وائم
EXECUTE نفذ
RULES القواعد

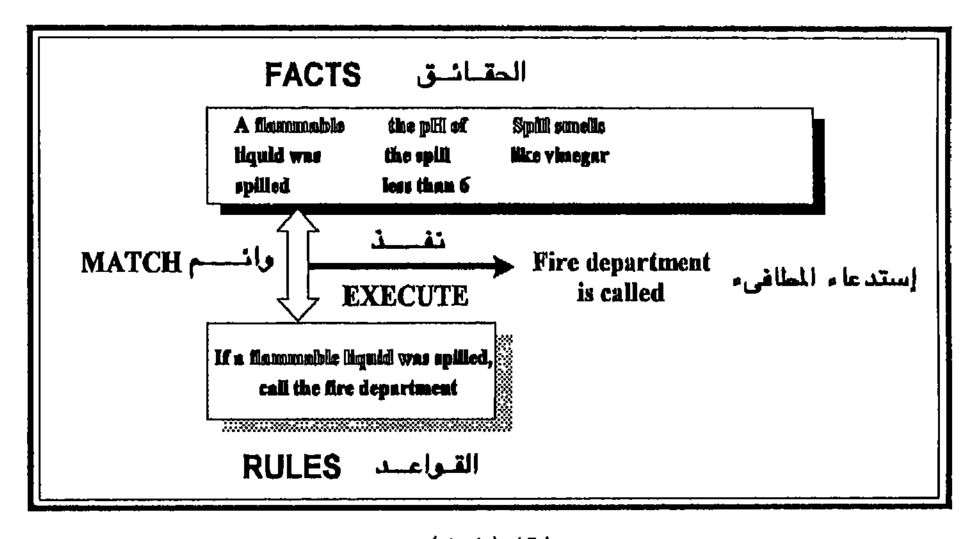
شكل (٥-١)


FACTS الحقائق
A flammable liquid was spilled
the pH of the spill less than 6
Spill smells like vinegar
The spill material is an acid
MATCH وائم
EXECUTE نفذ
New fact added to knowledge base
حقائق جديدة تضاف إلى قاعدة المعرفة
If the PH of the spill material is less than 6,
the spill material is an acid.
RULES القواعد

شكل (٥-٢)



شكل (٥-٣)



شكل (٥-٤)

ويمكن إجمال القواعد التي تم استخدامها في الأشكال (٥-٢)،(٥-٣)،(٥-٤) فيما يلي :

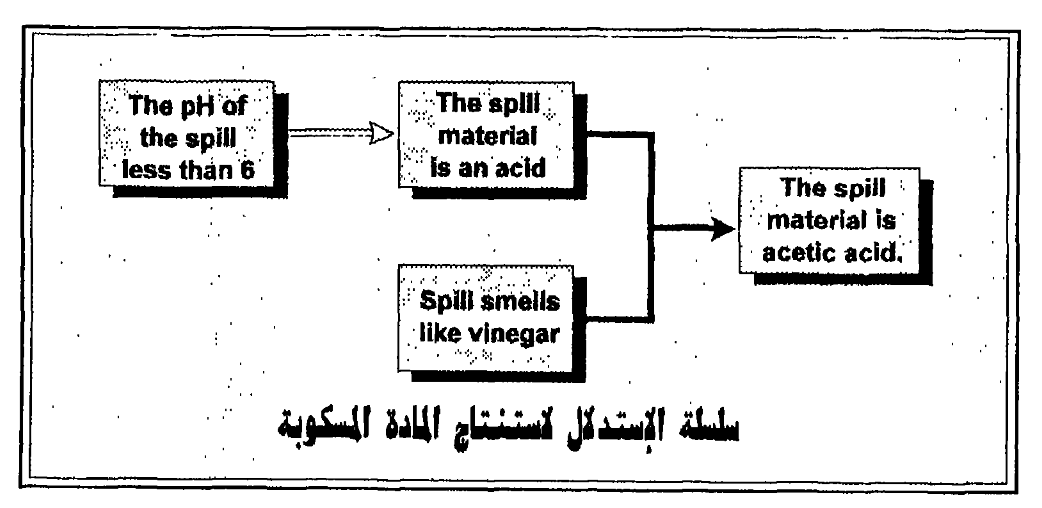
[1] If a flammable liquid was spilled call the fire department.

[2] If the pH of the spill is less than 6 the spill material is an acid.

[3] If the spill material is an acid, and the spill smells like vinegar the spill material is acetic acid.

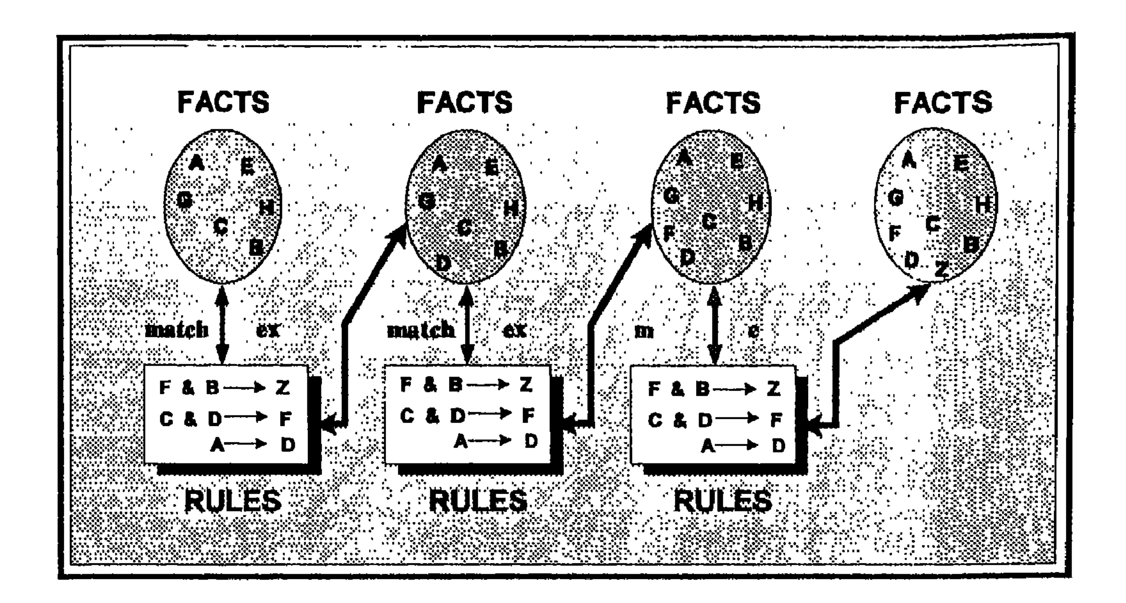
وينتج عادة عن عملية مواءمة القواعد (Rules) الموجودة فى الأجزاء التى تلى (IF) مع الحقائق (Facts) ما يطلق عليه سلسلة الاستدلال (Inference Chain). ويوضح شكل(٥ - ٥) سلسلة الإستدلال التى تكونت من التنفيذ المتتابع للقواعد ٢ ، ٣ السابقة وذلك لاستنتاج نوعية المادة المسكوبة. ويوضح المثال الذى تم تناوله لتحديد نوعية المادة المسكوبة طريقة التسلسل المتقدم (Forward Chaining) للإستدلال المنطقى. كما يوضح شكل (٥ - ٦) مثالا لاستخدام أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) بشىء من التفصيل مع مجموعة بسيطة من القواعد. وفى هذا المثال يتم استخدام الحروف الأبجدية الإنجليزية للدلالة على المواقف أو المفاهيم المرتبطة بالقواعد ، أما مجموعة الحقائق المعروضة فإنها تمثل المواقف أو الحالات أو البيانات والمعلومات المعروضة على النظام الخبير ويلاحظ فى الشكل (٥ - ٦) استخدام العلامة & والسهم ⟵ وهى تعنى بالنسبة لـ (F & B ⟶ Z) مثلا ما يلى :

F & B ⟶ Z means
IF : Both Situation F and situation B exist
THEN : Situation Z also exists.



شكل (٥ - ٥) سلسلة الإستدلال لاستنتاج المادة المسكوبة

ولشرح كيفية عمل القواعد الموضحة بشكل (٥ - ٦) فإنه تم إفتراض أنه فى كل مرة يتم مواءمة مجموعة من القواعد مع الحقائق المعروضة والموجودة فى قاعدة المعرفة ، فإن أول قاعدة تحقق شروط المواءمة يتم تنفيذها بدءا من أعلى(Topmost) وهذا يوضح ما يتم ملاحظته فى شكل (٥ - ٦) من أن القاعدة D ⟶ A يتم تنفيذها مرة واحدة فقط رغم أنها تتوائم دائما مع الحقائق المعروضة والموجودة فى قاعدة المعرفة.



شكل (٥-٦) مثال للتسلسل المتقدم

وكما يتضح من الشكل (٥-٦) فإن أول قاعدة يتم تنفيذها هى (A → D) وذلك لأن (A) موجود بالفعل فى قاعدة المعرفة والتى تحتوى الحقائق المعروضة. وكنتيجة لتنفيذ هذه القاعدة فإنه يتم استنتاج وجود (D) والتى يتم إضافتها إلى قاعدة المعرفة. ويؤدى ذلك إلى تنفيذ القاعدة الثانية (C & D → F) ، والتى ينتج عن تنفيذها استنتاج (F) ووضعها فى قاعدة المعرفة وهذا بالتالى يؤدى إلى تنفيذ القاعدة الثالثة (F & B → Z) ، وينتج عن ذلك وضع (Z) فى قاعدة المعرفة.

ويلاحظ من الشكل (٥-٦) أن البحث عن معلومات جديدة يبدو كما لو كان يتحرك فى اتجاه الأسهم التى تفصل بين الجزء الأيسر والجزء الأيمن لكل قاعدة. وأنه يتم استخدام المعلومات الموجودة فى الجانب الأيسر للوصول إلى تلك الموجودة فى الجانب الأيمن ويمكن تمثيل سلسلة الإستدلال (Inference Chain) فى هذه الحالة كما يلى :

A → D
C → F
B → Z

وإذا افترضنا أنه تم استخدام هذا النظام لتحديد ما إذا كان الموقف (Z) موجودا أم لا مع الأخذ فى الإعتبار أن أى نظام خبير حقيقى لايتكون فقط من ثلاثة قواعد بل يستخدم مئات وربما آلاف منها

، فإنه يتضح لنا أنه سيتم تنفيذ كثير من القواعد التى ليس لها أى علاقة بـ (Z). ولذلك فإنه إذا كان الهدف من النظام الخبير هو استنتاج حقيقة بعينها مثل (Z) فاستخدام أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) يعتبر إهدارا للوقت والمال. ويبرز فى هذه الحالة الأسلوب الآخر وهو التسلسل الراجع (Backward Chaining).

وكمثال آخر على التسلسل المتقدم ، نفترض أن قاعدة المعرفة (Knowledge Base) تحتوى على القواعد والحقائق التالية :

Rule 1 : IF you lose the Key and the gas tank is empty ,
THEN the car is not running .
Rule 2 : IF the car is not running and you have no cash ,
THEN you are going to be late .
Fact 1 : You lost the Key.
Fact 2 : the gas tank is empty .

والحقيقتان ١ ، ٢ (" You lost the key " and " the gas tank is empty ") يعنيان " أنك فقدت المفتاح " وأن " خزان البنزين فارغ " وبالطبع يقصد هنا بالمفتاح مفتاح السيارة. ويتضح أن الحقيقتين ١،٢ يتم التأكد من وجودهما فى القاعدة رقم (Rule1) بعد موائمتهما بالجزء (IF) من هذه القاعدة. ويقوم نظام التسلسل المتقدم باستنتاج النتيجة وهى "The Car is not running " والتى تعنى أن السيارة لاتعمل ، ويقوم بوضعها فى قاعدة المعرفة كحقيقة رقم ٣ (Fact3) والتى تكون متاحة لاستخدامها فى القاعدة رقم٢ (Rule2) .

ويوضح مايلى نموذجا مبسطا لبرنامج تسلسل متقدم مكتوبا بلغة " ليسب " (Lisp) وهى أحدى لغات البرمجة المستخدمة فى مجالات الذكاء الإصطناعى والتى سنتعرض لها بالتفصيل فىالفصول التالية من الكتاب.

```
;;;Forward Chaining Stuff
(defun Forward-Chain (fact & optional (certainty1.0))
   (let (substituion )
   (when-debug "Forward-chaining on ~A... " fact)
      (dolist (rule *rule-list* )
         (when (setq substitution (unify fact (rule-premise
```

```
rule)))
        (when-debug "Forward-chaining with ~A" rule)
        (assert (substitute (rule-conclusion rule)
      substitution)
                              (*certainty (rule-certainty rule)))))
     (unless substitution
        (when-debug "No applicable rules found."))))
  (defun Assert (proposition &optional (certainty 1.0 ))
     "Incorporates proposition into the knowledge base, doing
  forward chaining as appropriate"
       (when-debug "Asserting ~A" proposition)
       (if (ConjunctionP proposition)
          (dolist (prop (cdr proposition))
             (assert prop certainty))
          (stash proposition certainty))
       (forward-chain proposition certainty))
```

وإذا دققنا النظر فى هذا البرنامج فإننا نجد أن التسلسل المتقدم يتم باستخدام ثلاثة عناصر أساسية يقوم كل منها بوظيفة معينة وتشكل هذه الوظائف فى مجموعها أسلوب تطبيق التسلسل المتقدم (Forward Chaining). وهذه العناصر فى هذا البرنامج المكتوب بلغة " ليسب " هى :

- ⋆Unify
- ⋆Substitute
- ⋆Assert

والغرض من (Unify) أساسا هو مواءمة الحقيقة المعروضة على المقدمة المنطقية للقاعدة (Premise) ، وهى ذلك الجزء من القاعدة (Rule) الذى يلى (IF). أما (Substitute) فالغرض منها هو الوصول إلى النتيجة المنطقية للقاعدة والتى تلى الجزء (THEN) وذلك فى حالة مواءمة وتطابق الحقيقة المعروضة مع المقدمة المنطقية للقاعدة. ويقوم (Assert) بإضافة النتيجة المنطقية التى تم الوصول إليها كحقيقة جديدة تضاف إلى قاعدة المعرفة لكى يتم مواءمتها مع مقدمة منطقية لقاعدة أخرى موجودة فيها ، وهكذا حتى ينتهى استخدام جميع القواعد الموجودة بقاعدة المعرفة.

ويمكن تلخيص إستراتيجية أسلوب التسلسل المتقدم المستخدم فى آلات الإستدلال (Inference Engines) بالنظم الخبيرة فى الخطوات التالية :

١ - إيجاد قاعدة تتفق مقدمتها المنطقية (Premise) - وهى الجزء من القاعدة الذى يلى كلمة (IF) - مع الحقيقة أو الموقف المعروض على النظام الخبير.

أ - إذا وجدت ، استمر ونفذ الخطوة التالية رقم ٢.

ب - إذا لم توجد ، فهذا يعنى فشل النظام الخبير فى الوصول إلى النتيجة أو الهدف المطلوب.

٢ - استنتاج النتيجة المنطقية - وهى ذلك الجزء الذى يلى الكلمة (THEN) - فى القاعدة التى تنطبق مقدمتها المنطقية مع الحقيقة المعروضة على النظام الخبير ، وإضافتها كحقيقة جديدة إلى الحقائق (FACTS) المعروضة على النظام الخبير.

٣ - هل الحقيقة الجديدة تحقق النتيجة أو الهدف المطلوب ؟

أ - نعم - وبذلك يكون النظام الخبير قد نجح فى تحقيق الهدف أو النتيجة المطلوبة.

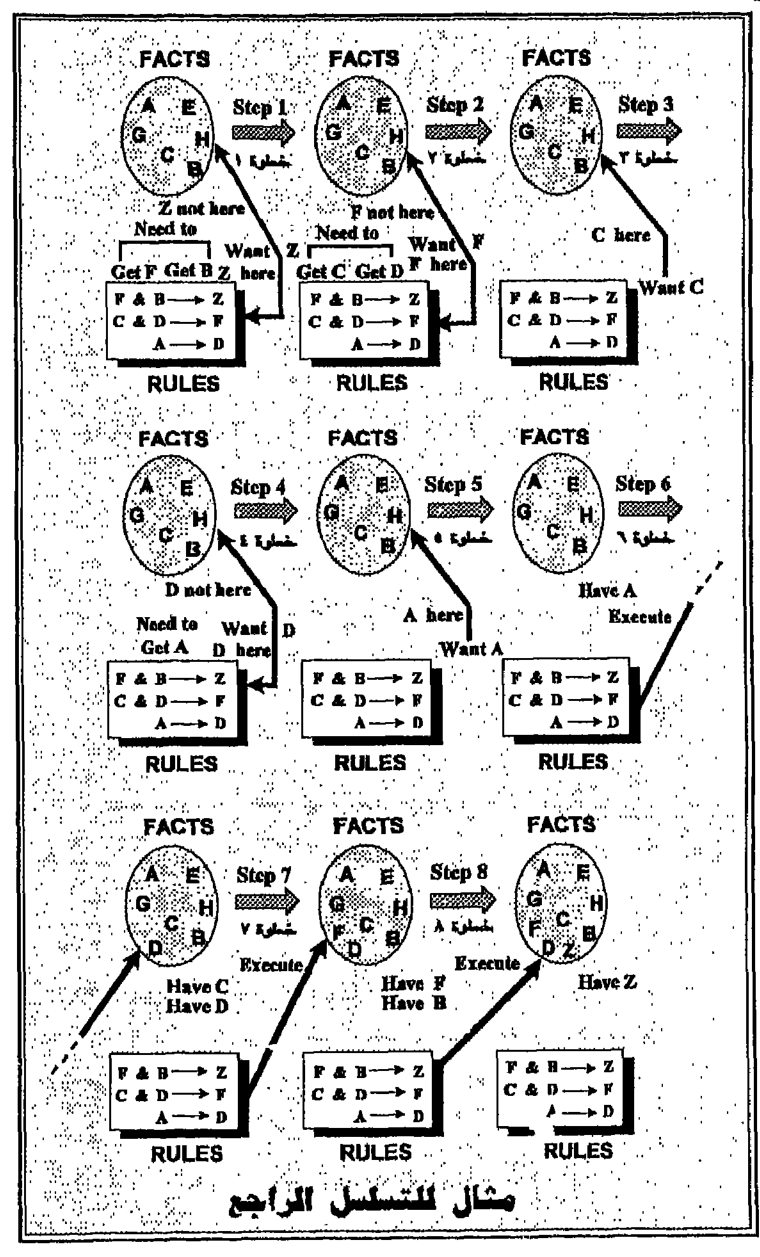
ب - لا - وفى هذه الحالة يتم تكرار الخطوات ١ ، ٢ مرة أخرى.

٥ - ٤ التسلسل الراجع (Backward Chaining)

ويطلق عليه أيضا إسم " التسلسل المتقهقر " وهو يستخدم أسلوبا مبنيا على محاولة إثبات النتائج والتى يطلق عليها أيضا فرضيات (Hypothesis) من الحقائق. ولذلك فهو يبدأ من الأجزاء من القواعد التى تلى كلمة (THEN) ومحاولة مواءمتها مع النتيجة أو الهدف ، ثم إيجاد الحقائق (Facts) التى تدعم الوصول إلى هذا الهدف. ولهذا يطلق على هذا الإسلوب إسم (Goal Driven) ويوضح شكل (٥ - ٧) كيفية تطبيق أسلوب التسلسل الراجع على نفس المثال الذى تم تناوله من قبل فى شكل (٥ - ٦) بأسلوب التسلسل المتقدم.

وأول خطوة كما يتضح من الشكل هى البداية بما هو مطلوب إثباته أو الوصول إليه ، وهو فى هذه الحالة إثبات أن الموقف (Z) موجود وبناء على ذلك فإنه يتم فقط تنفيذ القواعد (Rules) المرتبطة بإثبات وبرهان ذلك. وتبدأ الخطوة الأولى بالبحث عن (Z) فى قاعدة المعرفة وعندما تفشل فى العثور عليها فإنها تبحث عن القواعد التى تستنتج (Z) ، وهى تلك القواعد التى توجد (Z) فيها على الجانب الأيمن من السهم. ويجد النظام الخبير أن ذلك ينطبق على القاعدة(F & B ⟶ Z)، ولذلك فإنه يقرر أنه لابد من وجود (B , F) من أجل الوصول إلى استنتاج (Z). وفى الخطوة الثانية يحاول النظام إثبات وجود (F) ، ويبدأ ذلك بالبحث فى قاعدة المعرفة حتى يجد القاعدة التى تستنتج (F). ومن هذه القاعدة (C & D ⟶F) يقرر النظام أنه لابد من وجود D , C من أجل استنتاج (F). وفى الخطوات من ٣ إلى ٥ فإن النظام يجد (C) فى قاعدة المعرفة ولكنه يقرر أنه لابد من اثبات وجود (A) قبل استنتاج (D). وعندئذ يجد (A) فى قاعدة المعرفة. وفى الخطوات من ٦ إلى ٨

فإن النظام ينفذ القاعدة الثالثة لإثبات (D) ، ثم يقوم بتنفيذ القاعدة الثانية لإثبات (F) ، وأخيرا ينفذ القاعدة الأولى وذلك لإثبات الهدف الرئيسى (Z). وسلسلة الإستدلال (Inference Chain) فى هذه الحالة تتطابق تماما مع تلك التى تتكون فى حالة التسلسل المتقدم. ولكن الإختلاف بين الإثنين يكمن أساسا فى الطريقة التى يتم بها البحث فى القواعد الموجودة فى النظام الخبير والحقائق المعروضة عليه.



شكل (٥-٧)

ويمكن استخدام أسلوب التسلسل الراجع فى المثال الآخر الذى تم تناوله بالتسلسل المتقدم وهو :

Rule 1 : IF you lose the key and the gas tank is empty,
THEN the car is not running.
Rule 2 : IF the car is not running and you have no cash ,
THEN you are going to be late .
Fact 1 : You lost the key.
Fact 2 : The gas tank is empty.

فإذا كان المطلوب مثلا إثبات فرضية (Hypothesis) أنك ستكون متأخرا (you are going to be late) مع وجود الحقائق والقواعد الموجودة بالمثال فإن التسلسل الراجع يمكن استخدامه ويبدأ بالقاعدة رقم ٢ وذلك لتطابق النتيجة الخاصة بها وهى الجزء الذى يلى الكلمة (THEN) (you are going to be late) مع الهدف أو الفرضية المطلوب تحقيقها. ونظرا لأن قاعدة المعرفة لاتحتوى على الحقائق التى تمثل المقدمة المنطقية (Premise) لهذه القاعدة (الجزء الذى يلى كلمة (IF)) وهى (The Car is not running) ، (you have no cash) فإن الحقيقة (The Car is not running) ستصبح أول هدف فرعى (Subgoal). وعندئذ فإن القاعدة رقم ١ سيتم تنفيذها وذلك لتطابق نتيجتها (وهى الجزء الذى يلى كلمة (THEN)) مع الهدف الفرعى (Subgool). وبتنفيذ القاعدة رقم ١ يتأكد أن مقدمتها المنطقية (Premise) تتطابق مع الحقائق الموجودة بقاعدة المعرفة والمعروضة على النظام الخبير (Facts1, 2). ولكن ما زال هناك هدف فرعى آخر لم يتم تحقيقه وإثباته وذلك لعدم وجوده بقاعدة المعرفة وعدم وجود أى قاعدة من القواعد الموجودة ذات ارتباط به. ولذلك فإن النظام يقوم بسؤال المستخدم مثلا :

" IS IT TRUE THAT : you have no cash ? "

وإذا كانت الاجابة بنعم (Yes) فإن الهدف الفرعى الثانى (Second Subgoal) يكون قد تم تحقيقه وبذلك يتم إثبات الهدف الرئيسى ، ويكون الاستنتاج هو (you are going to be late).

ويوضح ما يلى نموذجا مبسطا لبرنامج تسلسل راجع (Backward Chaining) مكتوبا بلغة ليسب :

```
(defun Backward-Chain ( )
  (let ((goal (car *goal-list*))
        substitution antecedent-subs consequent-subs)
    (when-debug "Backward-chaining on ~A..." goal)
```

```
(dolist (rule *rule-list*)
   (setq consequent-subs (unify goal (rule-conclusion
  rule)))
   (when consequent-subs
      (push-last (list goal consequent-subs : rule rule
  (rule-premise rule))
                             *last-goal-achievement*)
   (when-debug "Match achieved with conclusion of ~A
 using ~A"
                                   rule consequent-subs)
   (incf *debug-level*)
   (setq antecedent-sucs
         (or achieve-goal (substitute (rule-premise
  rule)
  consequent-subs))
               (and (rule-askable? rule)
                    (ask-user (rule-premise rule)))))
   (decf *debug-level*)
   (when antecedent-subs
      (return (srtq substitution
                    (compose consequent-subs
 antecedent-subs))))))
 (unless substitution
 (when-debug "No Matching conclusion dor goal ~A."
goal))
substitution))
```

وإذا دققنا النظر فى هذا البرنامج فإننا نجد أن التسلسل الراجع يشمل العناصر الأساسية الآتية :

* Unify
* Substitute
* Achieve-goal
* Ask - user

وكل عنصر من هذه العناصر يقوم بأداء وظيفة معينة وتشكل هذه الوظائف فى مجموعها أسلوب تطبيق التسلسل الراجع (Backward Chaining). وقد تم التعرض من قبل للغرض من (Unify)، (Substitute). أما الهدف من (Achieve - goal) فهو تحقيق الهدف أو النتيجة أو إثبات الفرضية المطلوبة. ويتم استدعاء (Ask-user) عندما لايكون هناك أى حقائق أو أى قواعد ذات إرتباط بنتائج أو أهداف لم يتم إثباتها وتحقيقها وذلك كما تم فى المثال السابق فى حالة (you have no cash).

ويمكن تلخيص إستراتيجية التسلسل الراجع المستخدم فى آلات الإستدلال (Inference Engines) بالنظم الخبيرة فى الخطوات التالية :

١- إيجاد قاعدة يتفق الجزء الذى يلى كلمة (THEN) بها (النتيجة المنطقية) مع الهدف (Goal).

أ - إذا وجدت - إنتقل إلى الخطوة رقم ٢ .

ب - إذا لم توجد - يفشل النظام الخبير.

٢- إستخدام المقدمة المنطقية للقاعدة (Premise) (الجزء الذى يلى كلمة (IF)) فى عمل هدف أو أهداف فرعية جديدة (New Sub-Goals).

٣- إيجاد الحقيقة أو الحقائق (FACTS) التى تحقق الأهداف الفرعية الجديدة

أ - جميع الأهداف تم تحقيقها - وبذلك فقد تم التنفيذ

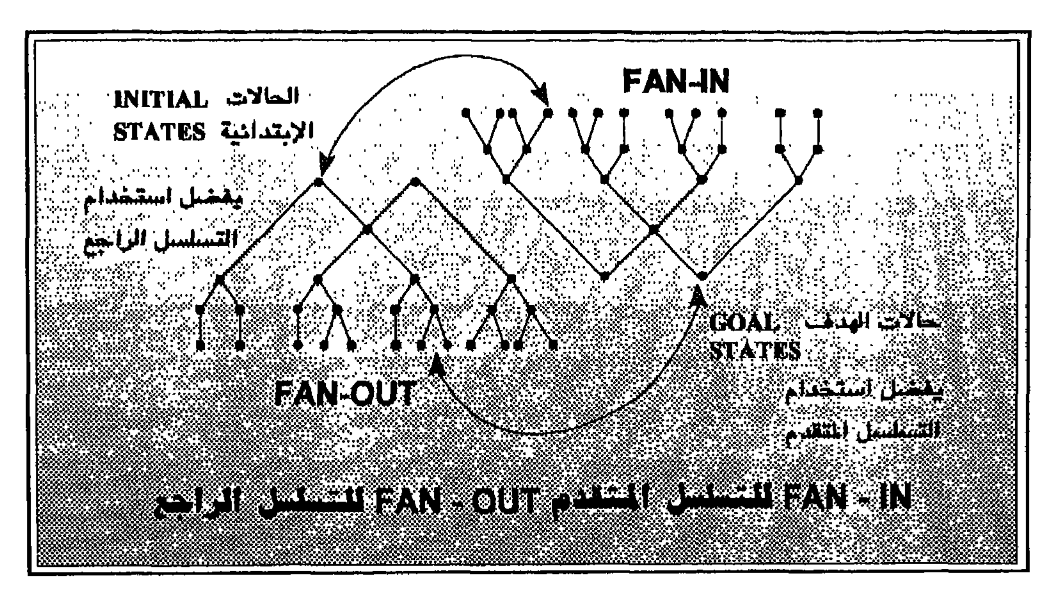
ب - هناك أهداف غير محققة - كرر الخطوات مرة أخرى

أو اسأل المستخدم عن حقائق جديدة (New FACTS)

٥ - ٥ مقارنة التسلسل المتقدم بالتسلسل الراجع

إن اختيار أسلوب التسلسل المتقدم أو أسلوب التسلسل الراجع للإستدلال المنطقى (Reasoning) فى آلات الإستدلال (Inference Engines) فى النظم الخبيرة يعتمد إلى حد كبير على شكل وحيز وحدود المشكلة المراد حلها . ونظرا لأن أى نظام خبير يبدأ عمله عادة من موقف أو وضع حالى (Current State) ويطلق عليه الحالة الابتدائية (Initial State) وذلك للوصول إلى هدف أو نتيجة معينة يمكن أن يطلق عليها حالة أو وضع الهدف (Goal State)، فإنه كما يتضح من الشكل (٥ - ٨) واستنادا إلى ذلك يمكن تحديد الإختيار الأفضل بين التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع. فإذا كانت المواقف والأوضاع الإبتدائية متعددة ومتنوعة وسوف تؤدى إلى نتائج أو أهداف محددة وهو ما يطلق عليه (FAN-IN) يبرز هنا التسلسل المتقدم كأسلوب أمثل للإستدلال المنطقى

(Reasoning). أما إذا كانت المواقف والأوضاع الابتدائية محددة وتؤدى إلى نتائج متعددة ومتنوعة وهو ما يطلق عليه (FAN-OUT) فإنه يبرز هنا التسلسل الراجع والذى طبقا لأسلوب عمله فى الواقع يعتبر (FAN-IN) ولكن فى الاتجاه العكسى. واختيار أسلوب الإستدلال المناسب يسهل إلى حد كبير الوصول إلى الحل المناسب للمشكلة المعروضة على النظام الخبير وهناك العديد من النظم الخبيرة تستخدم أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) كما أن هناك نظما خبيرة أخرى تستخدم أسلوب التسلسل الراجع. وللإستفادة من مميزات كلا الأسلوبين طبقا لطبيعة الإستخدام ، فقد بدأت النظم الخبيرة تستخدم الدمج بين الأسلوبين.

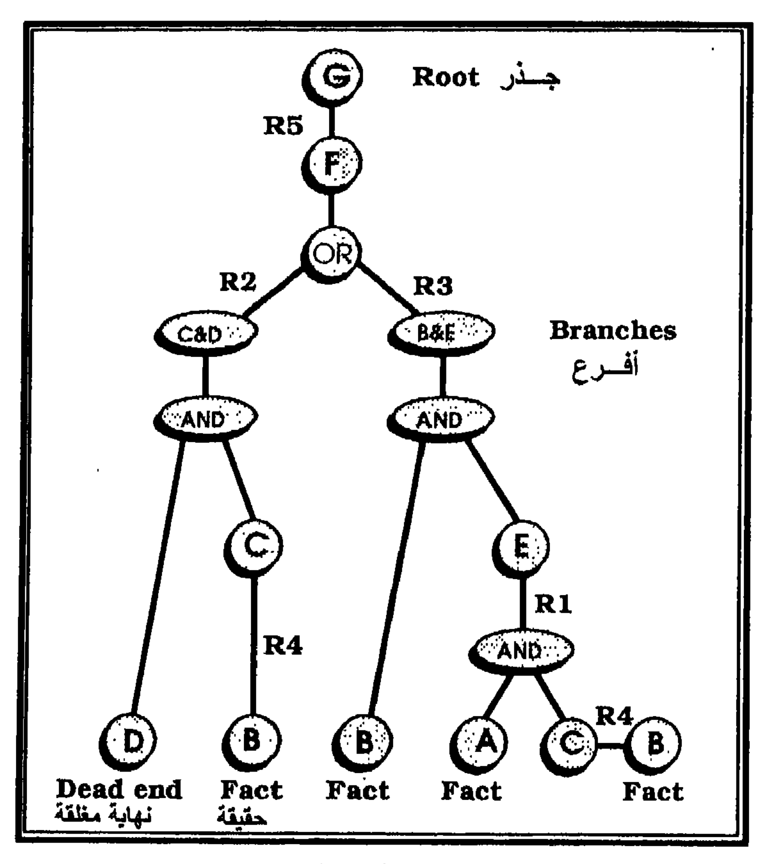


شكل (٥-٨)

٥ - ٦ شجرة الإستدلال (The Inference Tree)

تعطى شجرة الإستدلال ، والتى تسمى أيضا شجرة الهدف (Goal Tree) أو الشجرة المنطقية (Logical Tree) نظرة عامة وتخطيطية لعملية الإستدلال وهى تشبه شجرة القرار (Decision Tree). وكما سبق أن ذكرنا فإن كل قاعدة تتكون من مقدمة منطقية (Premise) واستنتاجات (Conclusions) وكل منها يظهر كعقد (Nodes) فى شجرة الإستدلال وتتصل فيما بينها بأفرع (Branches). وتفيد شجرة الإستدلال فى إلقاء نظرة داخلية على تركيب القاعدة والشكل (٥ - ٩) يوضح شجرة ممثلة بطريقة التسلسل الراجع للمثال الآتى :

R1 : IF A and C
THEN E
R2 : IF D and C
THEN F
R3 : IF B and E
THEN F
R4 : IF B
THEN C
R5 : IF F
THEN G
and the facts A & B are true



شكل (٥-٩)

وباستخدام الشجرة الموضحة فى شكل (٥ - ٩) يمكن رؤية عملية الإستدلال وكيفية التحرك عبر الأفرع فيما يسمى العبور الشجرى (Tree Traversal). ولكى نعبر العقدة (AND) يجب العبور خلال كل العقد الأدنى منها أما لعبور العقدة (OR) فإنه يكفى عبور عقدة واحدة فقط أدنى منها.

كذلك تقدم شجرة الإستدلال طريقة إرشادية للإجابة عن الأسئلة لماذا ؟ (Why ?) وكيف ؟ (How ?) فى عملية الشرح (Explanation Process) - فالسؤال (كيف ؟) من الأسئلة الدائمة للمستخدم للإستفسار عن كيفية الوصول لاستنتاج معين أما السؤال (لماذا ؟) فهو من الأسئلة الخاصة بالمستخدم لطلب أية مدخلات (Inputs) للحاسب تكون غير موجودة فى قاعدة المعرفة.

٥ - ٧ الشرح (Explanation)

الخبراء مطالبون دائما بشرح وجهة نظرهم أو توصياتهم أو قراراتهم والمتعلقة بطريقة حل مشكلة معينة أو اتخاذ قرار. ولأن النظم الخبيرة مطالبة بمحاكاة الإنسان فى أدائه للمهام الصعبة والمعقدة لذلك يجب تصميم هذه النظم بحيث تكون قادرة على تفسير قراراتها أو حلولها وشرح طريقة الوصول إلى هذه القرارات أو تلك الحلول. والشرح (Explanation) هو ببساطة عملية إجابة عن أسئلة معينة تخص السبل التى تتبعها النظم الخبيرة فى الإستنتاج المنطقى أو إصدار التوصيات (Recommendations) أو إيجاد الحلول للمشاكل. ومعظم النظم الخبيرة تحتوى على جزء يسمى المبرر (Justifier) له مهام عديدة نذكر منها الآتى :

- ❑ إظهار النظام بمظهر الذكاء أمام المستخدم.
- ❑ تصحيح أخطاء التشغيل عن طريق مهندس المعرفة.
- ❑ تفسير المواقف غير المألوفة للمستخدم.
- ❑ إعطاء ثقة لمستخدم النظام الخبير أثناء تشغيله.
- ❑ توضيح الافتراضات الخاصة بظروف تشغيل النظام.
- ❑ إجراء عمليات تحليل الحساسية (Sensitivity Analysis) بمعنى إستخدام قدرات التفسير فى التنبؤ واختبار مدى تأثير التعديلات التى يمكن إدخالها على النظام ومدى حساسية النظام لمثل هذه التعديلات.

وبناء قدرة الشرح والتفسير لأى نظام خبير من العمليات الصعبة والمعقدة خاصة عند محاولة إنجازها بواسطة الحاسب ولهذا السبب فإن معظم الإمكانيات الحالية للشرح مبنية على نوعين رئيسين هما لماذا ؟ وكيف ؟. وفيما يلى بعض الأمثلة التى توضح إستخدامها عند التفاعل بين المستخدم والحاسب.

COMPUTER : What is your annual income ?
CLIENT : Why ? (why do you need to know ?)
COMPUTER : In checking R2 , I need to know if your income is above 45,000$. IF this is true , I will conclude that because you have a college degree, you should invest in growth stocks

ويلاحظ أن النظام الخبير يسأل عن الدخل السنوى للمستخدم لأنه لم يجده فى الجزء الإستنتاجى (Conclusion Part) لأى قاعدة.

COMPUTER : Invest in IBM stocks
CLIENT : How ? (How was the conclusion reached ?)
COMPUTER : Given that you have 10,000$ to invest and according to Rule 4 you have to invest in growth stocks then IBM is your best bet.

ونلاحظ أن الحاسب يحاول شرح الأسباب التى بنى عليها إستنتاجه المنطقى.

وبعض نظم الذكاء الإصطناعى المعقدة يمكنها الإجابة عن أسئلة مثل ولماذا لا ؟ (Why not) على سبيل المثال :

COMPUTER : Invest in IBM stocks
CLIENT : Why not GE ?
COMPUTER : Because the annual growth rate of GE is only7% ,
whereas that of IBM is 11% , using Rule 78.

ويطلق على المعرفة الخاصة بطرق الإستنتاج (المعرفة عن المعرفة) أو (Knowledge about knowledge) أو (Metaknowledge). وتتيح هذه المعارف للنظام قدرا من المرونة والصلاحية فى اختبار المعرفة الوصفية (Declarative Knowledge) والمعرفة الإجرائية (Procedural Knowledge) الموجودة فى قاعدة المعرفة ، وفى المستقبل ستكون هذه

المعارف قادرة على بناء المفاهيم الخاصة بكل قاعدة آليا وستكون قادرة على مواءمة عمليات التفسير لمتطلبات المستخدم بالإضافة إلى القدرة على تغيير تراكيبها الداخلية عن طريق تصحيح القواعد الموجودة داخل قاعدة المعرفة وإعادة تنظيمها من جديد.

وهناك العديد من الطرق الخاصة ببناء القدرة على الشرح والتبرير للنظم الخبيرة. وأبسط هذه الطرق هى إعداد نص مكتوب باللغة الإنجليزية داخل النظام يحتوى على كل الإجابات لأسئلة المستخدم المحتملة وكل سؤال من قبل المستخدم يكون له إجابة خاصة به وتسمى هذه الطريقة الشرح الإستاتيكى (Static Explanation). وهذه الطريقة يصعب تطبيقها فى النظم الخبيرة كما أنها لاتتيح للنظام فهم مايشرحه وعند إجراء تعديل فى البرنامج أو فى أحد القواعد دون تعديل نص الإجابات المكتوب مسبقا يتسبب ذلك فى حدوث عدم التوافق (Inconsistency) بين أداء البرنامج وأسباب هذا الأداء.

والطرق الديناميكية للشرح (Dynamic Explanation) هى أفضل من سابقتها الإستاتيكية. فهى قادرة على إعادة تركيب وبناء الأسباب المتعلقة بتنفيذ مهمة معينة عند تعديل أى حقائق أو قواعد مرتبطة بها. وأى نظام خبير تكمن قوته وفاعليته فى الإدارة المؤثرة والفعالة لعمليات الإستنتاج المنطقى باستخدام القواعد المناسبة بالإضافة إلى آلة الإستدلال.

الفصل السادس

عدم المصداقية

(Uncertainty)



٦ - ١ مقدمـــة

تتـم عمليـة بنـاء النظـم المبنيـة علـى المعرفـة وتأسـيس طـرق الإسـتنتاج الاجرائيـة تحـت قـدر مفـــروض مــن الثقــة أو المصداقيــة (Certainty) ولكـن فـى الواقـع دائمـا مانتعـامل مـع مواقف (Situations) بهـا معلومـات غـير دقيقـة. فمثـلا النظـم المبنيـة علـى المعرفـة والتـى تهـدف إلـى تقليـد السـلوك الإنسـانى (Human Behavior) يجــب أن تكــون قـادرة علــى الإستنتاج فـى وجـود معلومـات بها قـدر مـن عـدم المصداقيـة أو الثقـة (خــلال هـذا الفصـل وبـاقى الكتـاب سـيتم اسـتخدام أحـدى الكلمتيـن ، المصداقيــة أو الثقــة). وأحــد مصـادر عــدم الثقـة هــو عــدم القــدرة علـى أعطـاء إجابـات محـددة عنـد الحاجـة إلـى ذلـك. فمثــلا عنــد الإختيــار بيــن إجابتين (A) ، (B) فإن المسـتخدم قـد يجيـب أنـه متـأكد مـن (B) بنسـبة 30% ومتـأكد مـن (A) نسبة 70%.

وتعتــبر المعلومــات غــير الدقيقــة (Imprecise) وغــير المكتملــة (Incomplete) مصــدرا آخــر مــن مصــادر عــدم الثقــة (Uncertainty) . وهنـاك طـرق عديــدة للتعـامل مــع المعلومــات التــى بهـا قــدر مــن عــدم الثقــة وترتبــط معظــم هــذه الطــرق بنظريــات حســابية وإحصائيــة. وقــد تــم تحديــد أربعــة طــرق لتمثيـل المعلومــات التــى بهـا نسـبة عــدم ثقــة وهــى كـالآتى :

- الإحتمــالات (أو طريقــة بايزيــان) ((Probabilities,(Bayesian Approach).
- معـاملات الثقـة (Certainty Factors).
- نظريـة الدليـل (Theory of Evidence).
- نظريـة فـازى المنطقيـة (أو منطـق فـازى) (Fuzzy Logic).

وذلــك بالإضافــة إلـى طـرق الحسـابات العصبيــة (Neural Computing) وخوارزميــات الجينــات (Genetic Algorithms) وهــى مــن الطـرق الواعـدة ولكنهـا مــاتزال فــى مرحلــة التطويــر.

٦ - ٢ طرق معالجة عدم الثقة

فــى نظــرية القـرار (Decision Theory) يوجــد فــرق بيــن اتخـاذ القـرار مــع وجــود عــدم الثقــة واتخــاذه مــع وجــود المخــاطرة (Risk). فــى الحــالتين تكـــون النتيجـــة غــير أكيـــدة (Not Sure) ولكـن فـى وجـود المخــاطرة يسـتطيع الإنسـان التنبـؤ باحتمـالات النتـائج

أما فى حالة عدم الثقة فهناك قدر من المعرفة بإمكانية تحقيق بعض النتائج ولكن دون التنبؤ بأى إحتمالات.

ويجمع مجال الذكاء الإصطناعى بين القدرة على التنبؤ باحتمالات النتائج وأيضا القدرة على توقع نتائج بدون إحتمالات. لذلك فإن عدم الثقة فى مجال الذكاء الإصطناعى والمعروف بالإستنتاج المنطقى التقريبى (Approximate Reasoning) يكون نتيجة معالجة معلومات غير كاملة بمعنى معلومات جزئية (Partial) أو لايمكن الإعتماد عليها (Unreliable) أو معلومات متعددة المصادر (Multiple Sources) أو معلومات تقريبية (Approximate).

وفى المجال الهندسى يعنى عدم الثقة معرفة حدود الخطأ (Error Margin) فى قيم المتغيرات الرقمية وإذا كانت قيمة المتغير مرمزة (Symbolic) فيمكن تمثيل عدم الثقة بتعبيرات كمية (Quantitative) أو باستخدام فئات فازى (Fuzzy Sets) مع دوال العضوية (Membership Functions).

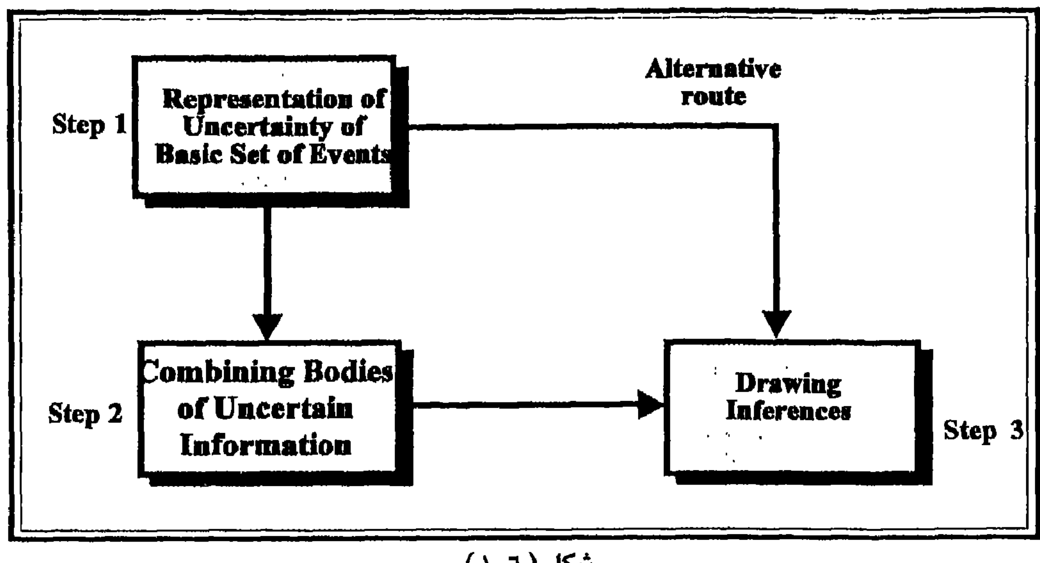
وتتم معالجة عدم الثقة فى مجال الذكاء الإصطناعى على ثلاثة مراحل (Three Steps) كما يوضح شكل (٦-١). فى المرحلة الأولى (Step 1) يقوم الخبراء بإمداد المعلومات غير الأكيدة (Inexact) على هيئة قواعد (Rules) مع القيم المحتملة (Likelihood Values) وهذه القيم يمكن أن تكون عددية أو بيانية أو مرمزة (Symbolic) مثل :

It is most likely that ....

أما فى المرحلة الثانية (Step 2) فيتم استخدام المعلومات غير الأكيدة لفئة الأحداث الأساسية لرسم الإستدلال فى الحالات البسيطة. وفى حالات كثيرة يتم ربط الأحداث المختلفة وذلك بدمج المعلومات المقدمة فى المرحلة الأولى مع قيم عامة (Global) للنظام باستخدام نظرية الإحتمالات أو نظرية الدليل أو معاملات الثقة أو فئات فازى.

وفى المرحلة الثالثة يكون هدف النظام المبنى على المعرفة (Knowledge-Based System) هو بناء الإستدلال (Inference) باستخدام آلة الإستدلال (Inference Engine). وفى هذه المرحلة يقوم الخبراء بتعديل المدخلات (Inputs) فى المرحلة الأولى بناء على المخرجات من المرحلة الثانية والثالثة.

من هنا يمكن تقسيم طرق معالجة عدم الثقة إلى مجموعتين أساسيتين هما :



شكل (٦-١)

١ - تقنيات إستدلال الثقة المتوازية (Parallel Certainty Inference Techniques)

فى هذه التقنيات تعامل المعلومات على أنها أكيدة ، فى حين أنها غير ذلك ، أو تعالج معالجة متوازية لتحديد مقدار عدم الثقة المصاحب للإستدلال. وسوف يتم إستعراض ثلاثة طرق من هذا النوع فى هذا الجزء وهى نظرية الإحتمالات لبايز ومعاملات الثقة ونظرية الدليل لديمبستر وشيفر.

٢ - تقنيات هيكلة عدم الثقة (Uncertainty Structuring Techniques)

فى هذه الطرق يتم بناء المعرفة غير الموثوقة وعمل تراكيب عديدة لها. ومن هذه التقنيات فئات / منطق فازى (Fuzzy Logic Sets) والشبكات العصبية (Neural Nets) وخوارزميات الجينات (Genetic Algorithms).

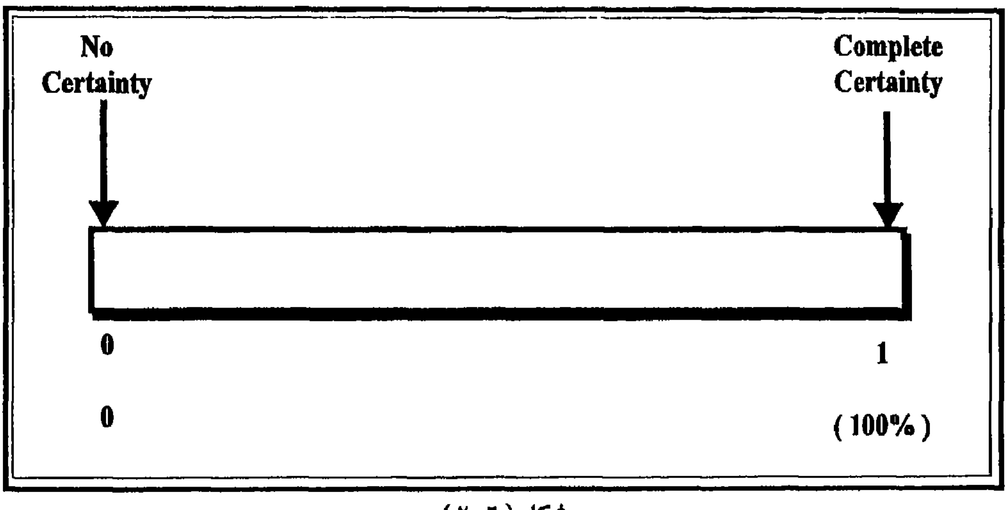
٦ - ٣ تمثيل عدم الثقة (Representation of Uncertainty)

هناك عدة طرق لتمثيل عدم الثقة منها التمثيل العددى والتمثيل الجرافيكى والتمثيل المرمز. وسوف يتم شرح هذه الطرق فى هذا الجزء باختصار.

٦ - ٣ - ١ التمثيل العددى (Numeric Representation)

وهـى مـن الطـرق الشائعـة لتمثيـل عـدم الثقـة ويستخـدم لذلـك مسـطرة تبـدأ برقـم (0) والـذى يمثـل عـدم الثقـة الكاملـة وينتهى برقـم (1) أو (100%) والـذى يمثـل الثقـة الكاملـة (Complete Certainty) أنظـر شـكل (٦-٢).

وهـذا التمثيـل يناسـب طريقـة معالجـة عـدم الثقـة باسـتخدام نظريـة الإحتمـالات. وهنـاك بعـض الصعوبـات التـى تواجـه الخـبراء فـى اسـتخدام التمثيـل العـددى منهـا أن الحصيلـة العلميـة للإنسـان يتـم بناؤهـا علـى الثقـة المطلقـة فمثـلا لحسـاب الوقـت الـلازم للسفـر بيـن بلدتيـن المسـافة بينهمـا ٢٠٠ كـم باسـتخدام عربـة سـرعتها ٥٠ كـم / سـاعة نجـد أنـه ٤ سـاعات. هـذه المـدة التـى تـم حسـابها بقسـمة المسـافة علـى السـرعة يمكـن أن تتغـير تبعـا لحركـة المـرور وحالـة الطقـس التـى تؤثـر بالتـالى علـى سـرعة العربـة . الـخ.



شكل (٦-٢)

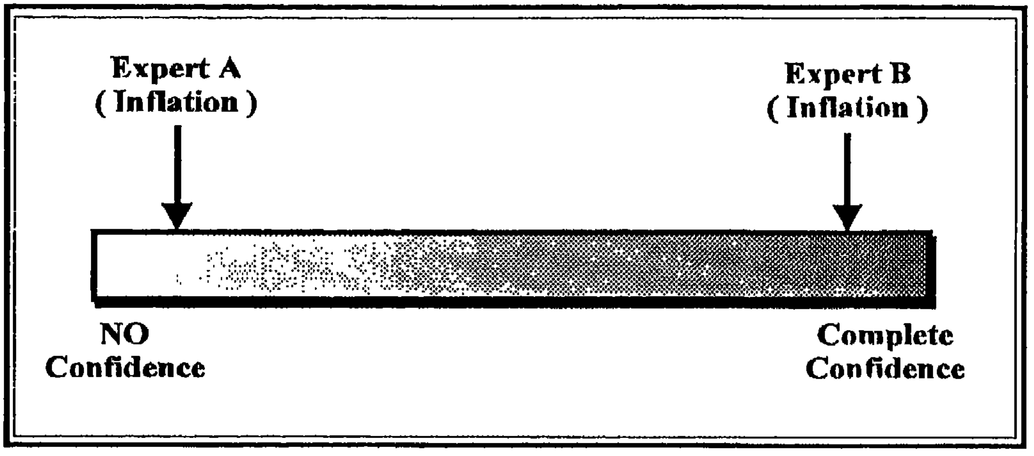
وهنـاك أيضـا صعوبـة إسـتخدام الأعـداد بمعنـى إختـلاف الأعـداد المفروضـة مـن خبـير لآخـر حسـب التجربـة الشـخصية لكـل منهـم. وهـذه التجربـة تتـأثر كثـيرا بقـدر المعرفـة الناتجـة مـن تراكـم الخـبرات.

٦ - ٣ - ٢ التمثيل الجرافيكي (البياني)

كما سبق الإشارة فإن كثيرا من الخبراء يمكنهم وصف عدم الثقة فى صورة عددية مثل :

It is 85% certain that ....

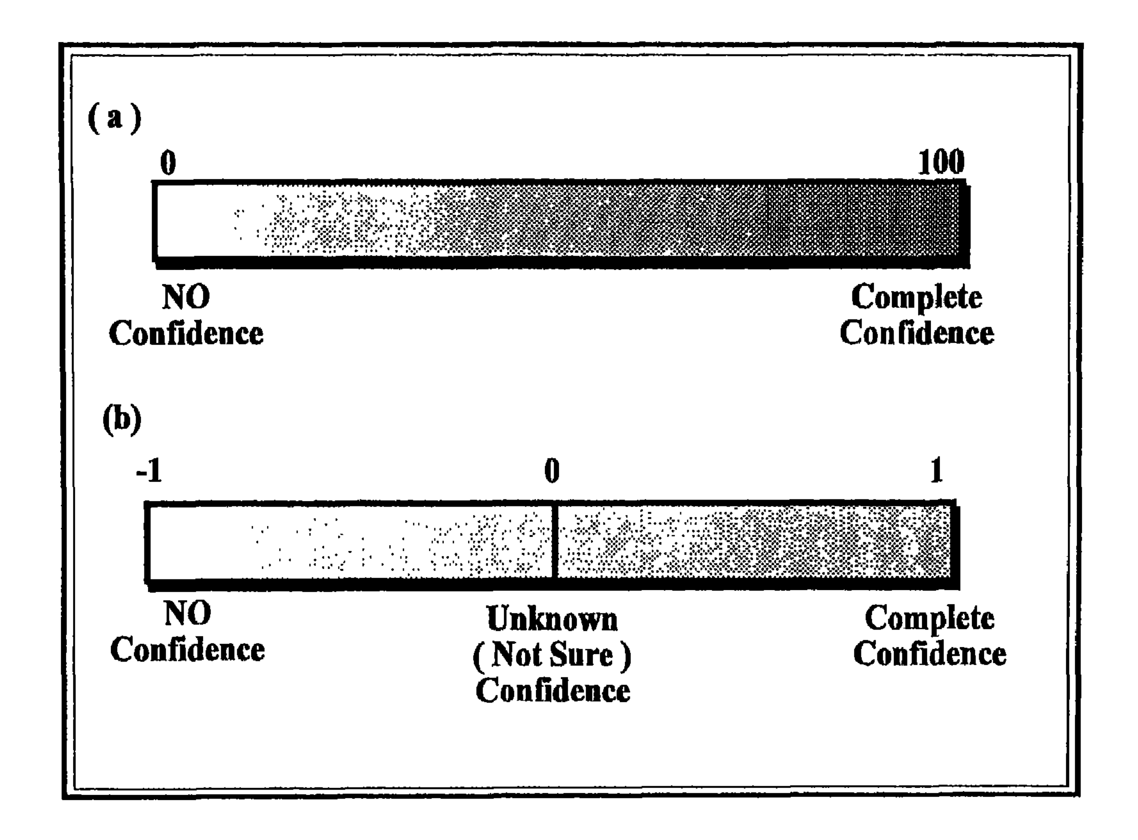
ولكن بعض الخبراء يجد صعوبة فى ذلك ومن هنا تأتى أهمية التمثيل الجرافيكى. وفى هذا النوع من التمثيل يستخدم عمود أفقى كالموضح بالشكل (٦-٣) ويقوم الخبراء بوضع علامات عليه تمثل عدم الثقة.



شكل (٦-٣)

ويمكن استخدام الأعداد مع مقياس الثقة كما يتضح من الشكل (٦-٤). ويسمى مقياس الثقة (b) فى الشكل السابق المقياس المبنى حول الصفر .(Scale Built Around Zero)

ورغم أن بعض الخبراء يفضلون التمثيل الجرافيكى فان الرسومات لاتكون عادة دقيقة كالأعداد كما أن معظم الخبراء ليست لديهم خبرة كافية بالرسومات أو تمثيل الأعداد على مقياس الرسم.



شكل (٦ - ٤)

٦ - ٣ - ٣ التمثيل الرمزى (Symbolic Representation)

مـن بيـن الطـرق العديـدة لتمثيـل عـدم الثقـة بالطريقـة الرمزيـة يفضل الخبـراء إسـتخدام مقياس ليكرت (Likert Scale) وهـو مقيـاس ذو خمسـة نقـاط (Five-Point Scale) تمثـل كالآتى :

- ☐ بعيـد الإحتمال (Very Unlikely).
- ☐ غير محتمـل (Unlikely).
- ☐ متعـادل (Neutral).
- ☐ محتمـل (Likely).
- ☐ محتمـل جـدا (Very Likely).

وأسلوب الترتيب (Ranking) من الأساليب الشائعة الإستخدام بين الخبراء حيث يتم الترتيب حسب الأهمية (Ordinal Ranking) أو حسب القيمة العددية (Cardinal Ranking) ويصاحب التمثيل بالترميز إستخدام الأرقام أو يمكن تحويله إلى قيم عددية. فمثلا فى مقياس ليكرت ذى الخمسة نقاط يتم إعطاء وزن قيمته (واحد إلى خمسة) لكل قيمة من قيم المقياس.

٦ - ٤ الإحتمالات ونظرية بايزيان

(Probabilities and Bayesian Approach)

الإحتمالات هى فرصة وقوع أو عدم وقوع حدث معين ويتم حسابها كالآتى :

$$P(x) = \frac{\text{Number of favoring the occurrence of event}}{\text{Total number of events}}$$

بمعنى أن إحتمال وقوع حدث (x) ونعبر عنه بالدالة P(x) هو نسبة عدد مرات وقوع الحدث (x) إلى العدد الكلى لمرات وقوع الأحداث (Events).

وهناك بعض النظم المبنية على المعرفة والتى تسمح بقيم إحتمالات متعددة (Multiple Probabilities). على سبيل المثال : قاعدة (Rule) لها ثلاثة أجزاء مرتبة حسب قيمة إحتمال كل جزء وهذه الأجزاء لاتعتمد على بعضها لذلك يكون احتمال حدوث القاعدة هو حاصل ضرب إحتمال حدوث الأجزاء الثلاثة كالآتى :

$$p = (0.9) * (0.7) * (0.65) = 0.4095 = 0.41$$

اى أن الإحتمال المركب هو (41%).

وهناك طرق عديدة لضم الإحتمالات وذلك بضربها أو بأخذ متوسطها أو أخذ أكبر او أصغر قيمة لها وذلك باعتبار أن الأحداث (Events) والقواعد (Rules) لاتعتمد على بعضها أما فى حالة إعتمادها على بعضها البعض فتستخدم طريقة بايزيان (Bayesian Approach).

وطريقة بايزيان هى آلية لدمج الأدلة (Combining Evidences) الحالية والجديدة.
على سبيل المثال : لدينا إحتمالات للحدث (A) والحدث (B) لذلك فإن إحتمالات وقوع الحدث (A) والتى تسمى (Posterior Probability) تكون كالآتى :

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) * P(A)}{P(B/A)\, P(A) + P(B/not\ A) * P(not\ A)}$$

Where P (B / A) = probability of event A occurring given that B has already occurred

P (A) = probability of event A occurring

P (B / A) = additional evidence of B occurring , given A

P (not A) = A is not going to occur

and

$$P(A) + P(not\ A) = 1$$

وبفرض أن عدد الإحتمالات هو (n) فإن صورة العلاقة السابقة تصبح :

$$P(A/B) = \frac{P(A_i) * P(B/A_i)}{P(B/A1)\ * P(A1) + \dots P(B/An) * P(An)}$$

Where

$$P(A1) + P(A2) + \dots P(An) = 1$$

وتعتمد نظرية بايزيان على الفروض الآتية :

- إفتراضات منفصلة ومتساوية.
- أحداث غير معتمدة على بعضها.
- مجموعة كاملة من الإفتراضات المتوالية.

وهذه النظرية تناسب المواقف جيدة البناء (Well-Structured Situations) أى المواقف كاملة البيانات وأيضا تحقق الإفتراضات (Hypotheses) وهو مالايحدث غالبا

فى العالم الحقيقى. ولاتستطيع النظرية التعامل مع العرض النوعى (Qualitative Presentation) للمعرفة أو مع عدم المعرفة (don't know) بالإضافة إلى الصعوبة الرئيسية وهى الحصول على الإفتراضات الأولية بالاضافة إلى الإفتراضات الخاصة بالأحداث الجديدة.

وتعتمد طريقة بايزيان على الإحتمالات الموضوعية (Subjective Probabilities) والتى تعبر عن درجة الإعتقاد (Degree of Belief).

٦ - ٥ نظرية الدليل لديمبستر وشيفر

هذه النظرية هى إجراء معروف للإستنتاج المنطقى مع عدم الثقة (Reasoning With Uncertainty) وهى إمتداد لنظرية بايزيان ولكنها تفرق بين عدم الثقة (Uncertainty) وعدم المعرفة أو الجهل (Ignorance) وذلك باستخدام دوال إعتقاد (Belief Functions). وتتيح لنا هذه الدوال إستخدام مالدينا من معرفة لتخصيص الإحتمالات عندما تكون غير متاحة. وتعكس هذه الدوال إعتقاد الخبراء بتحقيق فرضيات (Hypothesis) معينة عند وجود دليل واحد.

وتناسب طريقة ديمبستر عملية دمج رأى الخبراء والذى لايختلف كثيرا فيما يتعلق بدرجة معينة من عدم المعرفة. فهى تستخدم معلومات مبهمة (Epistemic Information) مع افتراض أن مصادر المعلومات لاتعتمد إحصائيا على بعضها البعض وهو مالايحدث كثيرا فى العالم الحقيقى.

٦ - ٦ معاملات الثقة (Certainty Factors)

تعتمد نظرية بايزيان كما سبق الإشارة على أن فرضية عدم الثقة هى إحتمال أن يكون الحدث صحيحا (True) أو غير صحيح (False). أما فى نظرية الثقة (Certainty Theory) فإن عدم الثقة يتم تمثيله بدرجة الإعتقاد (Degree of Belief). وتعتمد نظرية الثقة على استخدام معاملات ثقة (Certainty Factors) والتى تعبر عن الإعتقاد فى حدث (أو حقيقة أو فرضية) وهذا الحدث مبنى على الأدلة أو على رأى الخبراء.

وهناك طرق عديدة لاستخدام معاملات الثقة للتعامل مع عدم الثقة فى النظم المبنية على المعرفة. أحد هذه الطرق هو استخدام (100) للتعبير عن الحقيقة المجردة (Absolute Truth) أو

الثقة الكاملة ورقم (0) للقيمة الخطأ. وهذه المعلومات ليست إحتمالات فمثلا عند القول أن هناك فرصة (90%) لسقوط الأمطار فهذا يعنى أن فرصة المطر (90%) وفرصة عدم مطر (10%) وهنا يمكن القول أن معامل الثقة هو (90).

وفى نظرية بايزيان ونظرية الإحتمالات يكون مجموع الإحتمالات هو (1) بمعنى إحتمال وقوع حدث معين بنسبة (75%) يعنى إحتمال عدم وقوعه (25%). ولأن الخبراء لايكون لديهم فى الغالب تقدير لاحتمال عدم وقوع الحدث لهذا تهتم نظرية بايزيان بدرجة الإعتقاد أو عدم الإعتقاد وهى إعتبارات لايمكن خضوعها للإحتمالات ولكن نستعمل المعادلة الآتية لتقدير معامل الثقة :

$$CF(P, E) = MB[P, E] - MD[P, E]$$

where CF = Certainty factor
MB = Measure of belief
MD = Measure of disbelief
P = Probability
E = Evidence , or event

وهناك فرضية أخرى لنظرية الثقة وهى أن محتوى المعرفة من قواعد أهم بكثير من جبر الثقة (Algebra of Confidence) الذى يجمع أجزاء النظام معا. وجبر الثقة هو تقييم للمعلومات التى تصاحب إستنتاجات الخبراء مثل (It is Probably true) أو (It is Highly Unlikely) ويمكن استخدام معاملات الثقة لضم تقديرات الخبراء بطرق عديدة.وهذا الطرق يتم شرحها فى الأجزاء التالية :

٦ - ٦ - ١ ضم عدد من معاملات الثقة فى قاعدة واحدة

فمثلا عند استخدام المعامل المنطقى (AND) كالآتى :

IF inflation is above 5%,cf 50% (A) , AND
IF unemployment rate is above 7%, cf 70% (B) AND
IF bond prices , decline , cf = 100% (C)
THEN stock price decline

بمعنى إذا كان معدل التضخم فوق (5%) ، بمعامل ثقة = (50%) ومعدل البطالة (7%) ، بمعامل ثقة (70%) مع هبوط فى السعر ، بمعامل ثقة (100%) فإن هذا يعنى هبوط فى سعر المخزون.

والمثال السابق يعطى نتيجة صحيحة (True) إذا كانت كل جمل الشرط (IFs) صحيحة. ويكون معامل الثقة للناتج هو أصغر معامل ثقة فى الجمل الشرطية وذلك حسب القاعدة

CF (A , B , and C) = Minimum [CF (A) , CF(B) , CF (C)]

أى أن معامل الثقة لهبوط ثمن المخزون (50%) وسيختلف هذا المعامل عند استخدام المعامل المنطقى (OR) فى المثال السابق بدلا من AND كالآتى :

IF inflation is low , CF = 70% OR
IF bond prices are high , CF = 85%
THEN stock prices will be high

وفى هذه الحالة يشترط أن تكون جملة واحدة من جمل الشرط (IFs) صحيحة (True) حتى يكون الإستنتاج صحيحا وإذا كانت جملة (أو جمل) الشرط صحيحة فإن معامل الثقة للناتج هو أكبر المعاملات حسب القاعدة :

CF (A or B) = Maximum [CF (A) , CF (B)]

أى أن معامل الثقة للإرتفاع المتوقع لسعر المخزون هو (85%).

٦ - ٦ - ٣ ضم قاعدتين أو أكثر

فى حالة وجود نظام مبنى على المعرفة يحتوى على العديد من القواعد المرتبطة وكل قاعدة لها نفس الإستنتاج وتختلف عن مثيلاتها فى قيمة معامل الثقة عندئذ يمكن اعتبار كل قاعدة دليلا منفردا (Evidence) يدعم الإستنتاج النهائى. ولحساب معامل الثقة للإستنتاج يلزم ضم الأدلة طبقا للإجراء التالى :

نفرض وجود قاعدتين (R1, R2)

R1 : IF the inflation is less than 5%
THEN stock market prices go up (CF = 70%)

R2 : IF unemployment is less than 7%
THEN stock market prices go up (CF = 60%)

وبفرض أن معدل الزيادة فى العام التالى هو (4%) وأن البطالة سوف تكون (65%) فإن التأثير المشترك يحسب بالطريقة الآتية :

CF (R1 , R2) = CF (R1) + CF (R2) [1 - CF (R1)] ;
CF (R1 , R2) = CF (R1) + CF (R2) - CF (R1) * CF (R2)

مثال

CF (R1) = 0.7 , CF (R2) = 0.6
Then CF (R1 , R2) = 0.7 + 0.6 (1 - 0.7) = 0.88

أى أن الزيادة فى سعر المخزون المحسوبة بواسطة النظام الخبير ستكون (0.88).

أما فى حالة وجود ثلاثة قواعد تكون الصيغة السابقة كالآتى :

CF (R1, R2, R3) = CF (R1 ,R2) + CF (R3) [1 - CF (R1 , R2)]

وبفرض أن القاعدة (R3) هى

R3 : IF bond price increases
Then stock prices go up (CF = 0.85)
CF (R1, R2, R3) = 0.88 + 0.85 (1 - 0.85)
= 0.982

أى أن فرصة زيادة سعر المخزون هى (98.2%).

٦ - ٧ منطق فازى (Fuzzy Logic)

تستخدم بعض برامج الذكاء الإصطناعى طريقة الإستنتاج المنطقى التقريبى (Approximate Reasoning) وهى الطريقة التى تستخدم نظرية الفئات لـ (فازى)

وتحاكى عملية الإستنتاج المنطقى التى يقوم بها الإنسان عن طريق السماح لسلوك الحاسب أن يكون أقل تحديدا ومنطقا من سلوك الحاسبات العادية المتعارف عليها.

وقد تم تطوير البرمجيات (Software) بحيث تسمح باستخدام اللغات الحية مع العديد من صفات التمييز (Qualifying Adjectives) وجمل الحال (Adverbial Phrases) مثل :

.(usually .. , highly unlikely .. , not very probable .. , marginal .. ,)

ولأن عملية اتخاذ القرار (Decision Making) ليست دائما أبيض وأسود (صح أم خطأ) ولكنها تحتوى دائما على مناطق وسط أو رمادية. لذلك يلزم لمساندتها عمليات للإستنتاج المنطقى أكثر مرونة وذات خيارات متعددة (Multi-Option) ولها قدرة على إطلاق حرية التخيل (Imagination) وأكثر تسامحا (More Forgiving) وتسمح بالملاحظة (Observation) وكل هذه القدرات هى من صفات منطق فازى ونأخذ مثالا لذلك : فئة فازى (Fuzzy Set) التى تصف شخصا طويل القامة.

نفرض أن الهدف هو تحديد أقل طول يجب أن يكون عليه الإنسان حتى نعتبره طويل القامة فبأخذ رأى مجموعة من الأشخاص وجد أن إجاباتهم بين ١٨٠ إلى ١٩٠ سنتيمترا وكان توزيع الإجابات كالآتى :

الطول (سم)	١٨٠	١٨٢	١٨٤	١٨٦	١٩٠
نسبة التصويت	٥ ٪	١٠ ٪	٦٠ ٪	٦ ٪	١٠ ٪

فلو كان طول أحمد هو ١٨٤ سنتيمترا فباستخدام نظرية الإحتمالات مع إستخدام الإحتمالات المتراكمة (Cumulative Probability) تكون هناك فرصة (٧٥ %) لأن يكون أحمد طويل القامة أما باستخدام منطق فازى فيمكن القول أن درجة إنتماء أحمد إلى فئة الأشخاص طوال القامة هى (٠,٧٥).

ويلاحظ أن نظرية الإحتمالات تنص على أن أحمد يمكن أن يكون طويل القائمة أو لا أما فى منطق فازى فهناك إتفاق على أن أحمد طويل القامة مع بعض الزيادة أو النقصان. ولذلك يمكن وضع دالة الإنتماء (Membership Function) للدلالة على علاقة أحمد بفئة الأشخاص طوال القامة وتسمى فئة فازى المنطقية.

< Ahmed , 0.75 > = Tall

وفـى النظـم المبنيـة علـى المعرفـة يمكـن وصـف ذلـك علـى أن أحمـد طويـل ومعـامل الثقـة هـو (CF =75%) ومـن هنـا يتضح أن فئـات فـازى تعطـى مجـالا واسعـا مـن القيـم المحتملـة بعكس معامـلات الثقـة التـى تحتـوى علـى قيمتيـن فقـط هـى درجـة الإعتقـاد (Degree of Belief) أو عـدم الإعتقـاد.

ويستخدم منطق فـازى فـى تطبيقـات عديـدة مثـل نظـام الفرامـل المنتظـم فـى العربـات ، الضبـط الآلـى فـى الكـاميرات ، غسـالات الأطبـاق ، التحكـم فـى حركـة القطـارات ، الإحتفـاظ بمكـوك الفضـاء والأقمـار الصناعيـة فـى مـدار ثـابت حـول الأرض ، التحكـم فـى الجـودة (Quality Control) فـى الصناعـة و ... الـخ.

وأخيرا يمكـن القـول بـأن التعـامل مـع عـدم الثقـة فـى عـالم الذكـاء الإصطنـاعى محـدود جـدا فـى حيـن إنتشـاره فـى العـالم الحقيقـى. وحقيقـة الأمـر أن النظـم المبنيـة علـى المعرفـة والمستحدثـة مـن العـالم الحقيقـى تتجنـب التعـامل مـع عـدم الثقـة بـالرغم مـن الخطـورة الناتجـة عـن ذلـك وهنـاك محـاولات عديـدة لتحسين طـرق التعـامل مـع عـدم الثقـة.

٣

الجزء الثالث

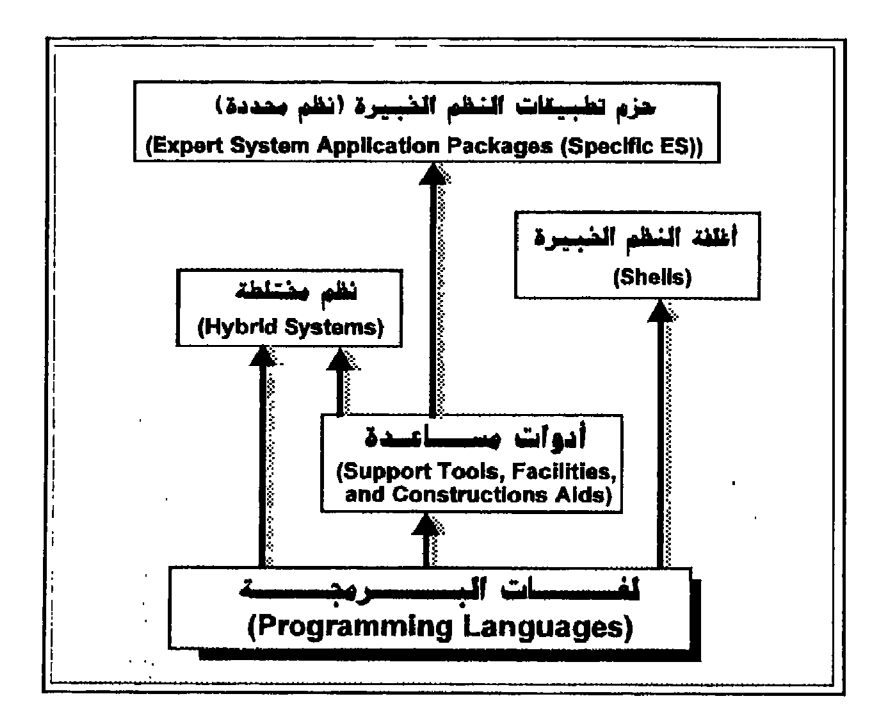
تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى وأدوات بنائها



مقدمة

يمكن بناء نظم الذكاء الإصناعى (مثل برامج معالجة اللغة ، النظم الخبيرة ، ... الخ) باستخدام أدوات كثيرة معدة خصصيا لبناء مثل هذه النظم. وهناك أنواع مختلفة من هذه الأدوات تبدأ من لغات البرمجة (Programming Languages) وتنتهى بحزم التطوير المتكاملة (Integrated Development Packages) وهذه تسمى أحيانا ببيئات النظم الخبيرة (Environments).

ويمكن تصنيف هذه الأدوات حسب الحجم أو درجة تعقيد النظم التى ستستخدم فى بنائها ، وقد وجد من المفيد تقسيم هذه الأدوات إلى خمسة مستويات تكنولوجية وهى اللغات (Languages) ، والأدوات المساعدة (Support Tools) ، والأغلفة (Shells) ، والنظم المختلطة (Hybrid Systems) ، وأخيرا النظم الخبيرة (Expert Systems) . والحدود بين هذه الأنواع غير واضحة والشكل التالى يوضح هذه المستويات.



ومن الشكل يمكن القول بأن اى تطبيق للنظم الخبيرة (أعلى مستوى) يمكن بناؤه بواسطة الأغلفة والأدوات المساعدة والنظم المختلطة ولغات البرمجة.كما أن الأغلفة والنظم المختلطة يمكن

بناؤها بواسطة لغات البرمجة والأدوات المساعدة أو بأيهما ، والأدوات المساعدة يمكن بناؤها بواسطة لغات البرمجة.

ويلاحظ أن المستوى الأعلى من البرمجيات يؤدى إلى تقليل الإعتماد على المبرمج ولكنه فى نفس الوقت يؤدى إلى تقليل مرونة النظام. وبصفة عامة فإن استخدام برمجيات المستويات العليا يؤدى إلى إنتاج نظم خبيرة فى وقت قصير. ولكن لبناء نظم خبرة معقدة يلزم استخدام برمجيات المستوى الأدنى.

وهناك عدد كبير جدا من لغات البرمجة التى يمكن استخدامها فى بناء نظم الذكاء الإصطناعى ، حيث تستخدم هذه اللغات على معظم أنواع الحاسبات بدءا من الحاسبات الشخصية (Personal Computers) حتى الحاسبات الكبيرة (Mainframe Computers). ويمكن تقسيم هذه اللغات إلى خمسة أنواع هى :

اللغات التقليدية (Non-AI Languages) ، ولغات الذكاء الإصطناعى (AI Languages) ، ولغات البرمجة الشيئية (Object-Oriented Languages) ، ولغات الذكاء الإصطناعى عالية المستوى وأخيرا اللغات عامة الأغراض لهندسة المعرفة
.(Several-Purpose Knowledge Engineering Languages)

١ - اللغات التقليدية (Non-AI Languages)

يمكن استخدام اللغات التقليدية فى بناء النظم الخبيرة ، بل هناك فعلا بعض النظم التى تم بناؤها بواسطة لغات تقليدية مثل النظام (TIMM) الذى تم بناؤه باستخدام لغة (FORTRAN 77) ، والنظام (INSIGH 2) (المستوى الخامس) الذى تم بناؤه باستخدام لغة (Turbo Pascal) ، والنظام (EXSYS) بلغة (C) .

والسبب فى استخدام اللغات التقليدية فى بناء بعض النظم الخبيرة أن استخدام لغات الذكاء الإصطناعى يحتاج إلى ذاكرة كبيرة لاتتوفر فى الحاسبات الشخصية كما أنها لاتوفر القدرة على التحكم فى سعة الذاكرة المستخدمة كما توفرها اللغات التقليدية.

٢ - لغات الذكاء الإصطناعى (AI Languages)

لغات الذكاء الإصطناعى ، وتسمى أحيانا لغات البرمجة المرمزة (Symbolic Programming Languages) ، هى اللغات الفعالة فى بناء نظم الذكاء

الإصطناعى. ومن أهم هذه اللغات لغتا ليسب (LISP) وبرولوج (PROLOG). ونظم الذكاء الإصطناعى (مثل النظم الخبيرة) المبنية بإحدى هاتين اللغتين من السهل برمجتها وتصحيح الأخطاء بها.

ولأن الغالبية العظمى من النظم الخبيرة الموجودة مكتوبة بإحدى هاتين اللغتين فقد تعرضنا لهما بالتفصيل فى هذا الجزء من الكتاب لكى يتعرف القارىء على خصائصهما وكيفية استخدامهما.

٣ - لغات البرمجة الشيئية (Object Oriented Languages)

أصبحت بعض لغات البرمجة الشيئية مثل لغة (++C) ولغة (Small Talk 80) شائعة الاستخدام فى بناء النظم الخبيرة لمقدرتها على التمثيل الجيد للمعرفة فى صورة يمكن معالجتها بالحاسب. كما يمكن استخدام هذه اللغات مع لغات البرمجة الأخرى لبناء نظام واحد لاستخدام جميع الإمكانيات التى تتيحها كل لغة على حدة.

٤ - لغات الذكاء الإصطناعى عالية المستوى

إن سهولة تخليق دوال برمجية (Functions) جديدة فى لغة ليسب تعتبر خاصية مهمة جدا فى بناء النظم الخبيرة ، وهذه الخاصية تجعل لغة ليسب قاعدة ممتازة لتكوين لغات عالية المستوى (Higher-Level Languages) والتى يمكن أن تخصص لحل مشاكل معينة فى مجالات محددة. فعلى سبيل المثال النظام الخبير (XPLAIN) تم بناؤه باستخدام اللغة عالية المستوى (XPMS) وهى إمتداد للغة ليسب. وهذه اللغة تساعد فى توليد تفسيرات واضحة وغير مكررة (Non redundant) من البرنامج (أى النظام الخبير) ، وهذا يعتبر من أهم أهداف النظام الخبير (XPLAIN).

٥ - لغات هندسة المعرفة عامة الأغراض

هناك العديد من اللغات عامة الأغراض (General Purpose Languages) التى تم إنتاجها خصيصا لخدمة مجال هندسة المعرفة. وهى عموما لغات مرنة لدرجة كبيرة ولاتحتوى على القيود الكثيرة التى تحتويها اللغات الأخرى وأغلفة النظم الخبيرة (ES Shells). ولكن مثل هذه اللغات تفتقد إلى بعض الإمكانيات الجيدة لعمليات إدخال واستخراج البيانات وبناء قواعد المعرفة وأيضا إمكانيات التفسير التى توجد فى برامج أغلفة النظم الخبيرة.

وهذه اللغات بصفة عامة لاتتقيد بتطبيقات معينة لأنها لاتنتمى إلى مجال معين ، عكس أغلفة النظم الخبيرة التى تتقيد بنوع معين من التطبيقات (مثل التشخيص) . ولذلك يمكن استخدام اللغات

عامة الأغراض فى تطبيقات عديدة ومختلفة رغم أنها أصعب من أغلفة النظم الخبيرة. وهناك أربع لغات مشهورة من هذه النوعية وهى (HEARSAY-III) و (ROSIE) ، و(OPS5) و(RLL).

ويتكون هذا الجزء من ثلاثة فصول يتحدث أولها عن تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى والنماذج المختلفة لعمليات التنفيذ ثم يشرح مثالا لأحد التراكيب التنظيمية لنظم الذكاء الإصطناعى. ويوضح الفصل الثانى لغة ليسب (LISP) والخصائص العامة لها وتركيب البرنامج المكتوب بها والدوال المختلفة المستخدمة فيها. كما يوضح الفصل الثالث لغة برولوج والتراكيب المستخدمة فيها وطرق البحث خلال قاعدة المعرفة وأمثلة لبعض البرامج المكتوبة بواسطتها.

الفصل السابع

تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى

(Implementing AI Systems)



٧ - ١ مقدمة

إن عملية تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى ونقلها إلى أرض الواقع مثلها مثل أى نظم مبنية على المعرفة ، هى عملية شائكة ومعقدة ويجب أن نضمن لها مقومات النجاح فى مراحل إعداد وتجهيز النظام الجديد وأيضا مراحل دراسات الجدوى وتحليل النظام وتصميم البرامج والتدريب. وصعوبة تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى تكمن فى أنها ليست مجرد نظم مبنية على المعلومات مهمتها جمع وتشغيل وتوزيع المعلومات ولكنها نظم تتسم بالذكاء فى تنفيذ المهام الموكلة إليها. وفى هذا الفصل نحاول استعراض العوامل التى تؤثر فى عملية التنفيذ واقتراح إستراتيجيات يمكن أن تساعد على نجاح هذه العملية.

٧ - ٢ مقاييس نجاح وفشل عملية التنفيذ

هناك مقاييس ومعايير وضوابط يجب أخذها فى الإعتبار لضمان نجاح تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى. وقد اقترح دكسون وبورز (Dickson & Powers) المعايير الآتية :

١- نسبة الوقت الفعلى لتنفيذ النظام إلى الوقت المقدر لذلك.
٢- نسبة التكلفة الفعلية لإنشاء النظام إلى التكلفة الكلية.
٣- رد فعل الإدارة التى ستستخدم النظام الذكى وهل تم تحقيق متطلبات هذه الإدارة.
٤- تاثير النظام الجديد على شبكة الحاسبات الجديدة.
٥- قدرة النظام على إسداء النصائح المعقولة.
٦- نسبة الأرباح (Benefits) إلى التكلفة (Cost).
٧- درجة التوافق بين النظام والخبراء عند تناولهما لنفس المشكلة.
٨- النسبة الكلية للحالات أو المشاكل التى تناولها النظام إلى عدد الحالات التى أخفق النظام فى إسداء النصيحة لها.
٩- سرعة وصول النظام لمرحلة النضوج بمعنى معدل عملية التعليم منذ بدء التشغيل.

والعقبات التى يمكن أن يواجهها الإنسان أثناء عملية التنفيذ خضعت لأبحاث مكثفة. ورغم أن عوامل فشل أى نظام سابق تظل حبيسة الهيئة أو المنظمة التى تملك هذا النظام وبالتالى لايمكن الإستفادة منها فى وضع معايير دقيقة لنجاح أى نظام جديد إلا أن دكسون وويثرب (Dickson & Wetherbe) أرجعا ظروف فشل أى نظام إلى مايسمى " خطط التنفيذ العكسى " (Tactics of Counter Implementation). وهذا التنفيذ العكسى على مستوى الإدارة العليا يشتمل على :

١ - نقص الموارد المخصصة للمشروع.
٢ - إنحراف خطط التنفيذ عن تحقيق أهداف المشروع.
٣ - إهمال المشروع نتيجة عدم المتابعة.

أما على مستوى التشغيل فإن بعض صور خطط التنفيذ العكسى تشمل الآتى :

١ - تعمد الخطأ أثناء التشغيل.
٢ - استخدام النظام عن عمد فى أغراض غير تلك التى صمم من أجلها.
٣ - الفشل فى تشغيل النظام نتيجة نقص التدريب.
٤ - الثقة المطلقة فى بعض الإجراءات اليدوية القديمة عند الحاجة لهذه الإجراءات وعدم تنفيذها باستخدام النظام.

٧ - ٣ نماذج لعمليات التنفيذ

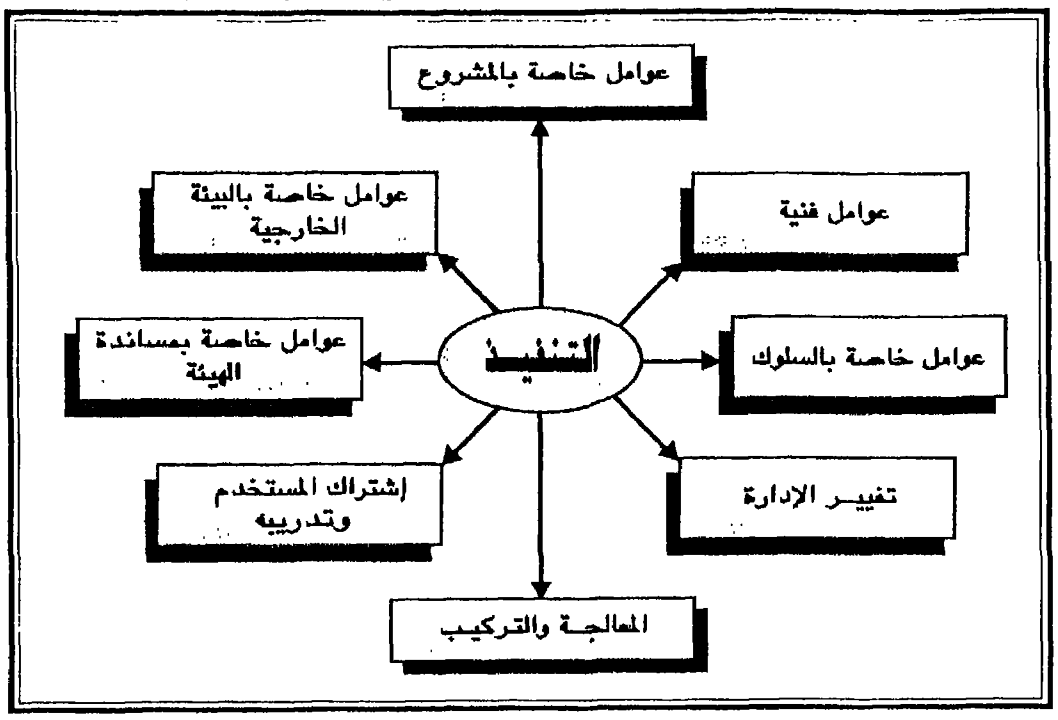
كما سبق أن ذكرنا فإن أهمية معالجة مشاكل التنفيذ أدت إلى إجراء دراسات مكثفة حول تحديد سبل التنفيذ الناجح لنظم الذكاء الإصطناعى. وقد بدأت هذه الدراسات منذ زمن بعيد بالإضافة إلى الدراسات التى قام بها علماء السلوك (Behavioral Scientists) لاختبار محاولات البعض لمقاومة رياح التغيير التى تسببها نظم الذكاء الإصطناعى. ونتج عن هذه الدراسات أفكار ونظريات تتعلق بأداء هذه النظم وطرق عديدة لتنفيذها كذلك ظهر العديد من العوامل (Factors) التى يمكن بها تحديد درجة نجاح أى نظام مبنى على المعلومات. وعوامل النجاح هذه يمكن جمعها فى ثمانية أنواع مرتبطة ، كما يتضح من الشكل (٧ - ١). وفيما يلى عرض تحليلى لبعض هذه العوامل.

٧ - ٣ - ١ عوامل فنية (Technical Factors)

ترتبط هذه العوامل بميكانيكية إجراءات التنفيذ ونذكر منها :

١ - مستوى الصعوبة والتعقيد

لزيادة إحتمالات نجاح تنفيذ النظام يجب أن يكون هذا النظام بسيطا (Simple) بقدر الإمكان. والفوائد المكتسبة من عملية تبسيط النظام هى : تحجيم الأخطاء ، زيادة تكامل عملية التصميم ، بساطة البيانات المطلوبة ، سهولة تدريب المستخدم على استخدام النظام ، وضوح طرق إدراك النظام ، سهولة التحكم فيه ، وأخيرا سرعة بنائه وتركيبه.



شكل (٧-١)

ويجب ألا تؤثر عملية تبسيط النظام فى عوامل أخرى مطلوبة مثل القدرة التامة على تنفيذ المهام المطلوبة.

٢ - زمن إستجابة النظام ومدى الإعتماد عليه

يعد زمن إستجابة النظام لاحتياجات المستخدم من المعايير الأساسية لتحديد مدى رضاء المستخدم عن النظام ومدى إعتماده عليه. وقد أسهمت التقنيات الحديثة فى مجال تصنيع المكونات المادية للحاسبات فى إنقاص زمن إستجابة النظام بشكل كبير جدا.

٣ - عدم ملاءمة المكونات والبرمجيات

من الأشياء التى لاتلائم متطلبات المستخدم حجم الذاكرة المحدود ، عدم التوافق بين إمكانيات البرمجيات والمكونات المادية للحاسب المستخدم ، طرق التمثيل الجرافيكية الفقيرة ، المعالجة الصعبة للنصوص (Text) ، صعوبة الإستخدام وأخيرا عدم القدرة على التوافق السريع مع الظروف المتغيرة.

ومما سبق يمكن تصنيف العوامل الفنية إلى : قيود فنية (Technical Constraints) وتكون عادة نتيجة لنقص التقنيات المتاحة ، ومشاكل فنية (Technical Problems) تكون

عادة نتيجة نقص الموارد. ومع التطور الهائل فى التقنيات الخاصة بالحاسبات وزيادة الموارد يمكن التغلب على معظم هذه العوامل وضمان النجاح الفنى للنظام.

٧ - ٣ - ٢ عوامل سلوكية (Behavioral Factors)

تتأثر النظم المبنية على المعلومات وخاصة نظم الذكاء الإصطناعى بمدى تقبل الناس لهذه النظم وسلوكهم تجاهها. وهناك العديد من الموضوعات التى تم دراستها والتى تهتم بسلوك الأشخاص تجاه هذه النظم نذكر منها الآتى :

١ - إختلاف أساليب إتخاذ القرار

لكل إنسان أسلوبه المميز فى عملية إتخاذ القرار فتختلف طرق الإستنتاج المنطقى من شخص لآخر حتى فى حالة وصولهما لنفس القرار. والمديرون الذين يستخدمون الأسلوب التحليلى (Analytical Style) يرفضون استخدام الأسلوب النمطى القديم والذى يستخدم التحليل الكمى فى الحساب وبالتالى سوف يتقبلون نظام الذكاء الإصطناعى كواحد من النظم التى تستخدم الأسلوب التحليلى وليس الكمى والقادرة أيضا على التفسير المؤثر لأسباب إتخاذ قرار معين.

٢ - المناخ التنظيمى (Organizational Climate)

فى بعض الأحيان لايسمح المناخ التنظيمى لأى شركة بادخال نظام جديد أو بإحداث تغييرات جديدة. فإذا كان ميل الأشخاص فى هذه الشركة ضعيفا نحو استخدام النظم النمطية المبنية على الحاسب فإن الإتجاه نحو استخدام تقنيات الذكاء الإصطناعى سيكون صعبا جدا وعلى العكس من ذلك فإن الهيئات التى تحاول استخدام كل جديد فى مجال النظم المبنية على الحاسب سوف ترحب بماهو جديد فى مجال الذكاء الإصطناعى. ويساعد رئيس مجلس إدراة أى شركة فى خلق المناخ المناسب لاستقبال هذه النظم الجديدة.

٣ - التوقع التنظيمى (Organizational Expectation)

شهدت السنوات السابقة طفرة كبيرة فى زيادة شعبية نظم الذكاء الإصطناعى وأصبح لدى معظم غير المهتمين بها معلومات كثيرة عنها مما أدى إلى إرتفاع مستوى التوقع لما يمكن أن تقدمه هذه النظم لدى مستويات الإدارة العليا والمستخدمين. ومن ناحية أخرى لايجب المغالاة فيما سيقدمه النظام لتجنب حدوث فشل للنظام وصدمة للمستخدم وخاصة فى الحالات التى يستخدم فيها النظام للمرة الأولى لذلك يجب الإحتفاظ بالتوقعات عند مستويات حقيقية.

٤ - السياسات التنظيمية (Organizational Politics)

قد يؤدى استخدام أحد نظم الذكاء الإصطناعى إلى الإخلال بالهيكل الوظيفى لأى منظمة. وهنا يأتى دور السياسة فى هذه المنظمة لمحاولة رأب الصدع الناتج عن هذا الإخلال كما يوصى بأن يكون للمسئول عن نظام الذكاء الإصطناعى دور فعال فى ذلك وليس دورا سلبيا (Neutral).

٧ - ٣ - ٣ إشراك المستخدم وتدريبه

يهدف إشراك المستخدم فى عملية تطوير النظام إلى ضمان نجاح هذا النظام فى الوفاء باحتياجاته. ففى النظم الخبيرة (ES) يكون حجم هذا الإشتراك ضئيلا وغير هام لأن المسئول عن بناء النظام (Builder) لايعلم طبيعة المستخدم. أما فى مرحلة الإختبار (Testing) والتعديل فإن إشتراك المستخدم يكون من الأهمية بمكان. أما فيما يخص بناء نظم الذكاء الإصطناعى مثل معالجة اللغات الحية والتعليمات الذكية باستخدام الحاسب (Intelligent Computer-Aided Instructions) فإن اشتراك المستخدم يعتبر شيئا حيويا وأساسيا. ومن هنا نجد أن كيفية إشراك المستخدم وزمن إشتراكه من العوامل الهامة جدا لنجاح النظام.

أما فيما يتعلق بتدريب المستخدم على استخدام تقنيات الذكا ء الإصطناعى فهى على جانب كبير من الأهمية. وفى حالة وجود نظام كبير متكامل يكون نظام الذكاء الإصطناعى جزءا منه فإن عملية التدريب تكون مهمة جدا وتحتاج إلى متابعة مستمرة وتخطيط جيد. وتشمل عمليات التدريب وصف النظام وكيفية بنائه وكيفية السؤال عن المعلومات واستدعائها واستخدامها. وتبدأ عملية التدريب قبل تشغيل النظام وأثناء تشغيله وخاصة للمستجدين على النظام وعند حدوث أى تغيير فيه.

٧ - ٣ - ٤ البيئة الخارجية (External Environment)

تشمل العوامل الخارجية المؤثرة على عملية تنفيذ النظام عوامل إجتماعية وإقتصادية وقانونية. على سبيل المثال القوانين التى تنظم عملية الإتصالات عبر حدود البلاد الدولية يمكن أن تحد من إمكانية استخدام نظام خبير لدولة أخرى.

٧ - ٣ - ٥ عوامل خاصة بالمشروع (Project - Related Factors)

معظم العوامل التى تم مناقشتها فيما سبق يمكن إعتبارها عناصر من مناخ التنفيذ والذى لايعتمد على نوعية المشروع المزمع تنفيذه. والمناخ الملائم قد يساعد فى عملية التنفيذ ولكنه

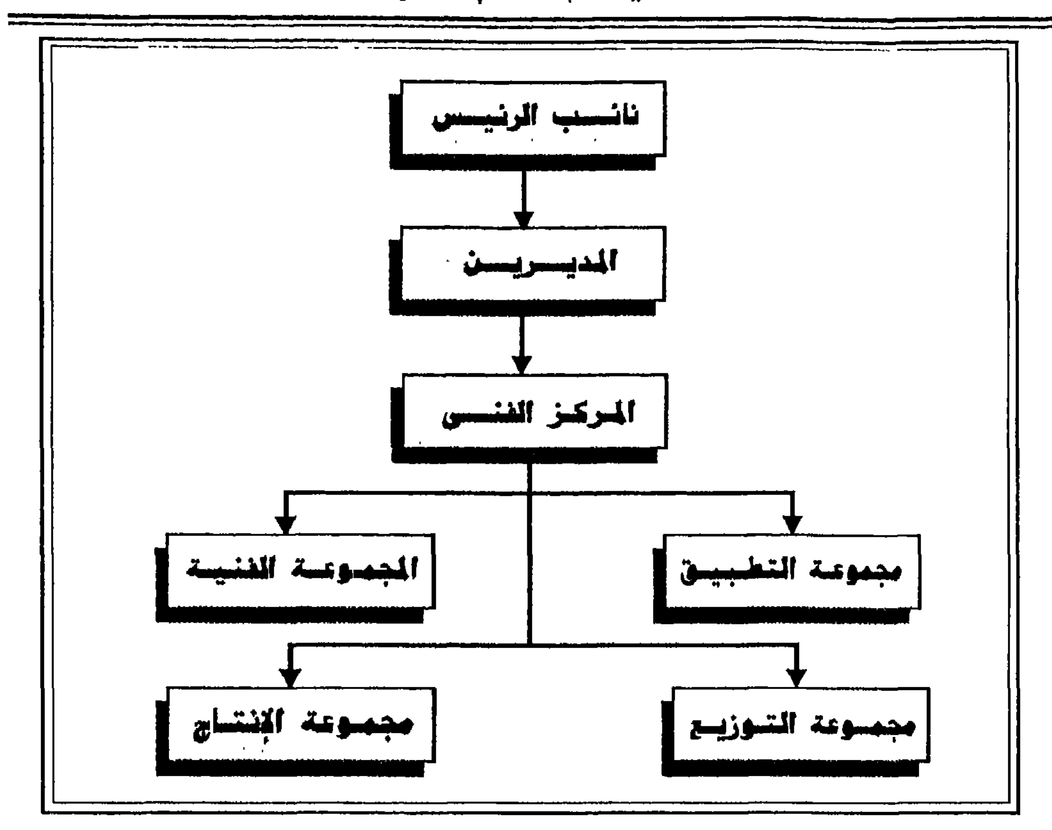
غير كاف لنجاح النظام. لذلك يجب تقييم كل مشروع من مشاريع الذكاء الإصطناعى من وجهة نظر فوائده الخاصة المتوقعة وليس طبقا للقواعد العامة للتقييم وكذلك يجب أن يحقق النظام الجديد بعض معايير " التكلفة - الفائدة " (Cost - Benefit). وتشمل عملية التقييم أبعادا كثيرة وتتطلب أخذ عوامل عديدة فى الإعتبار نذكر منها الآتى :

١- تحديد المشكلة الرئيسية المطلوب حلها.
٢- تحديد عناصر الأداء الواجب تقييمها.
٣- سرعة حل المشكلة.
٤- العائد من حل هذه المشكلة.
٥- تأثير نطاق المشكلة على معدلات نموها.
٦- المصادر المرتبطة بنطاق المشكلة.

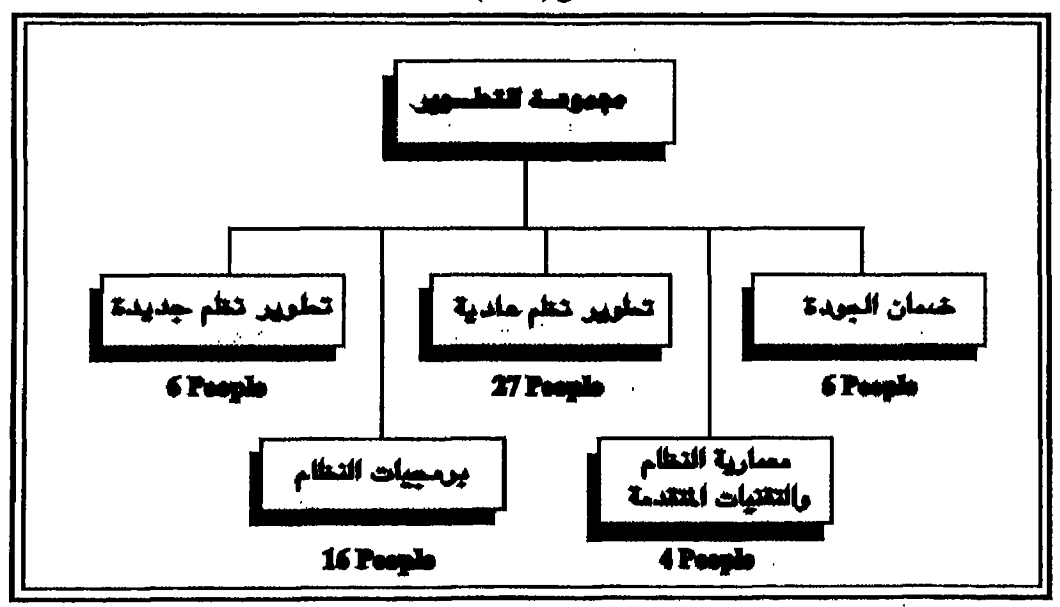
٧ - ٤ مثال لأحد التراكيب التنظيمية لنظم الذكاء الإصطناعى

إن استخدام تقنيات الذكاء الإصطناعى لحل المشاكل الحيوية فى مجال مثل مجال إدارة الأعمال أصبح فلسفة عامة تنتهجها معظم الهيئات والمنظمات. ولضمان نجاح هذه الفلسفة فإن التنظيم الإدارى للأفراد العاملين فى هذا المجال يجب أن يبنى جيدا لضمان نجاح النظام. والشكل (٧ - ٢) يوضح مثالا لهذا التنظيم الخاص بإحدى الهيئات.

ويقوم المركز الفنى للنظام بالإعداد لخدمات التعليم والتدريب كذلك تطوير النظام وتحقيقه واستخدام ونقل التقنيات الحديثة. أما مجموعة تطوير النظام (Development Group) فهى مسئولة عن النشاطات الموضحة فى شكل (٧ - ٣) وذلك لكل أشكال الإدارة الخاصة بالشركة.

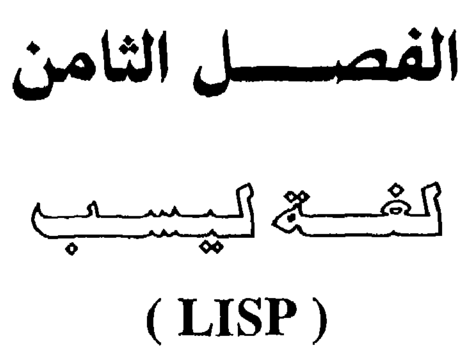

نائب الرئيس
المديرين
المركز الفني
المجموعة الفنية
مجموعة التطبيق
مجموعة الإنتاج
مجموعة التوزيع

شكل (٧-٢)


مجموعة التطوير
تطوير نظم جديدة
تطوير نظم عادية
ضمان الجودة
6 People
27 People
6 People
برمجيات النظام
معمارية النظام والتقنيات المتقدمة
16 People
4 People

شكل (٧-٣)



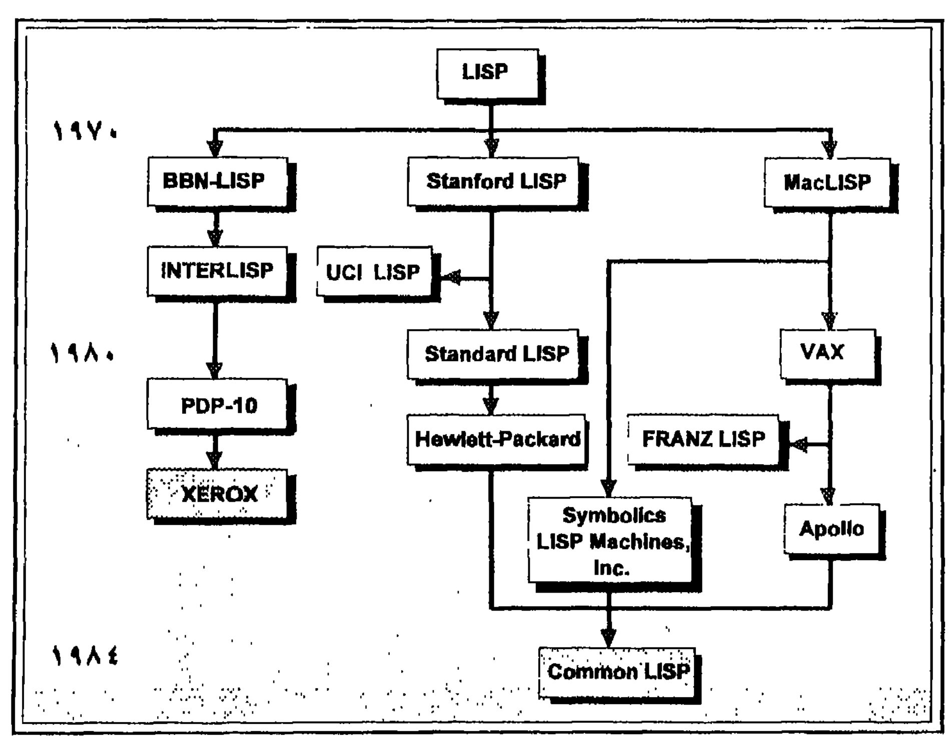

الفصـــل الثامن
لغــة ليسـب
(LISP)



٨ - ١ نبذة تاريخية

إسم اللغة (LISP) هو اختصار الحروف الأولى من الكلمات(List Processing Language) أى لغة معالجة القوائم. وهى من أقدم لغات البرمجة حيث أنها ثانى لغة ظهــرت بعـد لغــة الفورتــران (FORTRAN).

وتتكون هذه اللغة من مجموعة من العناصر (Atoms) والقوائم (Lists) والعناصر هى كل شيء لا يمكن تجزئته مثل شيء (Object) أو رقم صحيح (Integer) أو دالة (Function). أما القوائم فهى عبارة عن مجموعة من العناصر أو مجموعة من العناصر والقوائم معا. وهذا يوضح خاصيـة هامـة باللغة وهى خاصية الإستدعاء الذاتى (Recursion). ومن أهم خواص هذه اللغة أيضا أنه يمكـن كتابـة برنامج ليسب يستطيع تخليق برنامــج آخــر بلغــة ليسب أيضـا. ويوضـح الشكل (٨ - ١) التسلسل الزمنى لتطور اللغة والأنواع المختلفة التى تم إنتاجها منها. ويوضح الشكل أن لغة ليســب المتداولــة (Common LISP) ظهرت كلغة قياسية سنة ١٩٨٤.



شكل (٨-١)

٨ - ٢ مفردات لغة ليسب (LISP Vocabulary)

فى هذه الجزء سنتعرف على لغـة ليسب المتداولـة (Common LISP) وعلـى أهـم خصائصها باختصار دون الدخول فى التفاصيل التى ليست مجال هذا الكتاب.

٨ - ٢ - ١ طبيعة اللغة

لكل لغـة خصـائص مميزة لها فـى الكتابـة ، ومـن خصـائص لغـة ليسب هـى وضـع كـل أمــر (Statement) بيــن قوسيـن " ( ) ". وأى أمـر لا ينحصـر بيـن هذيـن القوسيـن يعتـبر خطـأ فـى البرنامـج ولا يمكن تنفيذه. وعلى هذا فإن الخطأ الشائع فى برامـج ليسب هــو عـدم توافـق الأقـواس مع بعضها البعض. وفى النقاط التالية نلخص الخصائص العامة للغة مع الإيضاح بالأمثلة :

أ- تأخذ الرموز آخر قيمة لها وإذا لم تكن لها قيمة سابقة يرد الحاسب بوجود خطأ فى هذا الأمــر كالآتى :

```
* L
error
```

وإذا أردنا إعطاء الرمز L قيمة معينة فيمكن إستخدام الدالة (Setq).

```
*(Setq L 'a)
```

وعند إعادة كتابة الرمز L بعد ذلك يكون رد الحاسب بقيمة L ، مثل :

```
* L
A
```

ب- يتـم حساب القوائم باعتبـار أن أول عنصـر فـى القائمـة هـو الدالـة التـى ستؤثر علـى جميـع العناصر التالية لها فى القائمة ، مثل :

الدالة (min) تقوم بتحديد أقل عنصر فى القائمة

```
* (min7,4,5,9,6 )
4
```

جـ- فى لغة ليسب يتم حساب جميع القوائم عن طريق الدوال ، حيث تأخذ الدوال عنصرا واحدا أو أكثر أو لا شىء ويكون الناتج منها هو قيمة وحيدة. فالدالة " - " تحتاج إلى عنصرين لتقوم بطرح الأول من الثانى :

```
* (-4.5,7.8)
3.3
```

أما الدالة "abs" فتحتاج إلى عنصر واحد لأخذ القيمة المطلقة له

```
*(abs -9.5)
9.5
```

د - يمكن وضع تعليق (Comment) بجانب اى أمر بعد وضع العلامة (;)

```
*(Sqrt 25) ; Calculate the Square root of 25
5
```

هـ- يتم تمثيل البرنامج والبيانات فى لغة ليسب بنفس الطريقة وهى استخدام التعبير الرمزى (Symbolic Expression). ويتكون التعبير من عدة عناصر أو من عدة عناصر وقوائم. والعنصر هو الشىء الذى لايمكن تقسيمه. والأرقام مثل (5.0,0.23,60) تسمى عناصر رقمية ، أما الرموز مثل (abs , + , L) فتسمى عناصر رمزية.

ويتم تكوين التعبير عن طريق كتابة القوس ") " متبوعا بالعناصر أو القوائم المراد كتابتها ثم ينتهى بوضع القوس المقابل للقوس الاول " (" ويجب ملاحظة أن عدم توافق الأقواس يؤدى إلى عدم قيام الحاسب بتفنيذ هذا الأمر.

٨ - ٢ - ٢ تركيب البرنامج (Program Structure)

مما سبق يتضح لنا أن برنامج ليسب يتكون من قسمين وهما الصيغ (Forms) والدوال (Functions) والصيغة عبارة عن الكيان الذى يتم حسابه مثل التعبير. أما الدوال فيتم استخدامها عن طريق التأثير بها على المتغيرات المراد حسابها بتلك الدوال.

وتنقسم الصيغ إلى خمسة أنواع وهى :

ا - صيغ يتم حسابها ذاتيا (Self-evaluating Forms)

وتتضمن كل الأعداد والحروف وسلاسل الحروف (Strings) فهذه كلها عند حسابها يتم إعادة عرض قيمتها فقط.

ب - المتغيرات (Variables)

ويتم تمثيلها بالرموز (Symbols) ومنها متغيرات محلية (Local) وتسمى أيضا ساكنة (Static) ، ومتغيرات عامة (Global) وتسمى أيضا ديناميكية (Dynamic).

جـ - القوائم الخاصة (Special Forms)

وهى التعبيرات التى تبدأ بعنصر خاص معرف مسبقا (Reserved) باللغة. وهـذه العنـاصر موضحة بالجدول التالى :

Names of All Common LISP Special Forms		
block	if	progv
catch	lables	quote
compiler-let	let	return-from
declare	let*	setq
eval-when	macrolet	tagbody
flet	mulitple-value-cell	the
fuction	mulitple-value-prog1	throw
go	progn	unwind-protect

د - الأوامر المجمعة

وهى التعبيرات التى تبـدأ بعنصـر ليس مـن العنـاصر الخاصـة السـالف ذكرهـا ولكنـه يعـرف بمجموعة من الأوامر المجمعة (Macros).

هـ - الـــــدوال (Functions)

تتضمـن الـدوال نوعيـن ، الأول هـو الـدوال المعرفـة (Named Functions) والثـانى هـو تعبيـرات " لامـدا " (Lambda Expressions). والـدوال المعرفـة هـى التى تبـدأ بعنصـــر مــن العناصر الخاصة (Defun) بينمـا تعبيـرات " لامـدا " هـى تعبيـرات غـير معرفـة وتبـدأ بـالرمز (Lambda).

٨ - ٢ - ٣ العمليات الرياضية

المعالجة الرياضية ليست هى الهدف الأساسى فى بناء لغـة ليسب ولكن تكمـن قـوة اللغـة فـى معالجتها للرموز (Symbol Manipulation). ومـع هـذا فإن اللغـة تحتـوى علـى معظـم الـدوال والعمليـات التـى تمكـن مـن أداء العمليـات الرياضيـة ، والجـدول التـالى يوضـح العمليـات الرياضيـة الخاصة بلغة ليسب.

الدالة	الرمز	المعامل	الوصف	مثال	الناتج
abs	abs	1	القيمة المطلقة	(abs - 5)	5
add	+	n	جمع الأعداد	(+ 4,5)	9
add 1	+1	1	إضافة واحد	(1 + 8)	9
atan	atan	1 or 2	الدالة ظا-١	(atan 2.5)	
ceiling	ceiling	1	أقل عـدد أكبـر مـن المعـامل الأول		
cos	cos	1	الدالة جا	(cos 2.5)	
decf	decf	2	إطرح العدد الثـانى من العـدد الأول القيمة المبـدئيـة للثانى = 1	(decf m)	
exp	exp	1	الأس للأساس e	(exp 3)	20.85 5
expt	expt	1	رفع الثانى أس للأول	(expt3,2)	9
float	float	1 or 2	حول الأول بنفس نوع الثانى	float(6,3.0)	6
floor	floor	1	أكبر عدد صحيح <= الأول	(floor 5,3)	3
incf	incf	2	أضـف قيمـة الثــانى لـلأول القيمـة المبـدئيـة للثانى هــى الواحد	(incf m–3)	–2
log	log	1 or 2	لوغاريتم الأول للأساس الثانى	(log 50,10)	1.699
quotient	/	2 or n	اقسـم الأول علـى الثـانى ثـم الثالث وهكذا	(/4,5,2)	0.8

rem	mod	2	أقل عدد صحيح متبقى	(mod 9,8)	1
round	round	1	تقريب الأعداد	(round 9,8)	10
signum	signum	1	إشارة العدد ، = -١ إذا كان سالب = صفر إذا كان صفر = +١ إذا كان موجب	(signum –2)	–1
sqrt	sqrt	1	الجذر التربيعى	(sqrt 9)	3
sub 1	–1	1	إطرح واحد	(1–8)	7
tan	tan	1	الدالة ظا	(tan 2.5)	
times	*	n	ضرب الأعداد	(* 3,2,4)	24
truncate	truncate	2	العـدد الصحيـح نـاتج قسـمة الأول على الثانى	(truncate 9,4)	2

أمـا الأعـداد فـى اللغـة فتصنـف إلـى أعـداد صحيحـة (Integer Numbers) أو نسـبية بيـن عددين صحيحين ، أو أعــداد حقيقيـــــة (Floating Point Numbers) ، أو أعـــداد مـــركبة (Complex Numbers). كمـا تصنـف الأعـداد الحقيقيـة مـن حيـث الدقـة (Precession) إلـى أعداد قصيرة (Short) والتى تحسب فى ١٣ خانة (Bit) ، وأعداد مفـردة (Single) تحسـب فـى ٢٤ خانة ، وأعـداد مزدوجـة (Double) تحسـب فـى ٥٠ خانـة ، وأعــداد طويلـة (Long) تحسـب أيضا فى ٥٠ خانة.

أما ناتج العمليات الرياضية (Arithmetic Predicate) فى لغة ليسب فيتم تمثيله بإعطاء الرقم الدال على ناتج العملية أو عن طريق الثابتين (t) أو (Nil). والثابت (t) يعنـى أن العمليـة الرياضية صحيحة (True) أما الثابت (Nil) فيعنـى أن العمليـة الرياضيـة خطأ أو أنها قائمـة فارغة (Empty List). والجدول التالى يوضح ناتج بعض العمليات الرياضية.

الدالة	الرمز	المعامل	الوصف	مثال	الناتج
even	even	1	صحيح إذا كان زوجى	(even –8)	T
equal	=	1	صحيـــح إذا كـــانت جميـــع المعاملات متساوية	(= 2,2,2)	T
greater than	>	n	صحيــح إذا كـانت المعــاملات مرتبة تنازليا	(> 7,6,5)	T

T	(< 2,3,4)	صحيــح إذا كــانت المعـــاملات مرتبة تصاعديا	n	<	less than
4	(max)	تحديد اكبر معامل	1	max	max
3	(min 2,3,4)	تحديد اقل معامل	1	min	min
T	(minusp −5)	صحيح إذا كان سالب	2	minusp	minusp
T	(/= 2,3,4)	صحيــح إذا كــانت المعـــاملات مختلفة	n	/=	not equal
T	(oddp 7)	صحيح إذا كان فرديا	1	oddp	oddp
T	(plusp 5)	صحيح إذا كان العدد موجبا	2	plusp	plusp
F	(zerop5)	صحيح إذا كان صفرا	1 or 2	zerop	zerop

٨ - ٣ - ٤ العمليات على القوائم (List Operations)

فى هذا الجزء سيتم التعرف على الدوال والعمليات التى تتم على القوائم (Lists) بشىء من التفصيل.

أ- دوال تخصيص القيم

هناك ثلاث دوال (Set , pstq , setq) تعمل على تخصيص القيم للمتغيرات أو تغيير قيمة المتغيرات. وهذه الدوال يتم توضيحها فى الأجزاء التالية :

الدالـــــــــة (Setq)

تقوم هذه الدالة بتخصيص قيمة العنصر الثـانى فـى القائمـة إلـى العنصـر الأول منها والـذى يجب أن يكون عنصرا رمزيا (Symbol) مثل :

```
* ( Setq x (+2,3) )
5
```

وفـى هـذا المثـال نجـد أن الـرد علـى الأمـر هـو (5) أى أنـه تـم حســاب القائمـة الفرعيــة (+2,3) أولا ثم تخصيص ناتجها (5) إلى العنصر الأول (X).

وتعمل الدالة (Setq) أيضا على تخصيص القيم إلـى متغيراتها فـى عـدد غير محدود من أزواج العناصر ، مثال :

```
* (setq x (–9,4) y x)
5
```

فى هذا المثال قامت الدالة (Setq) بالتأثير على الزوج الأول من العناصر x و (–9,4) فقامت بحساب القائمة الفرعية (–9,4) وناتجها ٥ وتـم تخصيصـه إلـى المتغيــر x. ثـم قامت بالتأثير على الزوج الثانى من العناصر y و x فقامــت بتخصـيص المتغيــر x والقيمـــة ٥ (قيمة x التى أخذها أولا) إلى المتغير y.

الدالــــــة (Psetq)

وتؤدى نفس وظيفة الدالة (Setq) فى تخصيص القيم للمتغيرات إلا أنه مع هذه الدالة يتم التخصيص بطريقة متوازية أى منفصلة (كل زوج على حدة) ، مثال :

```
*(setq x 5)
5
*(setq y 7)
*(psetq x y y x )
*x
7
*y
5
```

فى هذا المثال نلاحظ أنه تم تخصيص القيم ٥، ٧ للمتغيرين x , y على التوالى باستخدام الدالة (Setq) وباستخدام الدالة (Psetq) بالطريقة الموضحة تم تبديل قيم المتغيرين x , y ببعضهما البعض. كما يلاحظ أنه لا يوجد رد من الحاسب عند استخدام الدالة (Pset).

الدالــــــة (Set)

تقوم هذه الدالة بنفس وظيفة الدالة (Setq) ولكنها تؤثر فقط علـى المتغـيرات العامـــة (Global Variables) وليس علـى المتغيـرات المحليـة (Local Variables). ويجـب وضـع العلامة (') قبل العنصر الأول مع الدالة (Set) ، مثال :

```
*(set 'x 7) ; if x has not been assigned by Setq.
7
```

ب - دوال فصل عناصر القوائم

الدالتان (Car) و (Cdr) من أكثر الدوال شيوعا عند المبرمجين بلغة ليسب وتقومان بفصل عناصر القوائم ، كما يمكن دمجها لتكوين دالة أخرى.

تقوم الدالة (Car) بفصل العنصر الأول من القائمة. مثال :

```
*(car '(x y z))
x
*(Car '((Delta Computer Center) x  y  others))
(Delta Computer Center)
```

أما الدالة (cdr) فهى مكملة للدالة (Car) حيث تقوم بفصل باقى العناصر من القائمة بعد العنصر الأول. مثال :

```
*(cdr '( x y z ))
(y  z )
```

ويمكن استخدامهما بالتتابع لفصل متغير معين من القائمة ، مثل :

```
*(car (car (cdr '(plus  7 8)  (x  y) ١)))
x
```

جـ - دوال بناء وعرض القوائم

على عكس الدوال (Car) و (Cdr) التى تفصل العناصر من القوائم فإن الدوال (List) و (append) و (Cons) تعمل على دمج عناصر القائمة المتبقية لتكوين قوائم أخرى.

والدالة (List) تقوم بدمج عناصر القائمة المتبقية لتكوين قائمة جديدة مثال :

```
*(setq x  '(pq) )
(p q)
*(list  x  x  x)
( (p  q) (p  q) (p  q) )
*(list 'Delta'Computer 'Center)
(Delta Computer Center)
```

ويلاحظ فى المثال الأول أن الأقـواس حـول p و q لـم تحـذف عنـد تكوين القائمـة وأصبحت القائمة مكونة من ثلاثة قوائم فرعية.

أما إذا أردنا تكوين قائمة واحدة مكونة مـن العناصـر فقـط دون الأقواس فـإن الدالـة (append) تستخدم لهذا الغرض ، مثال :

```
*(append  x  x  x)
(p  q  p  q  p  q)
```

أما إذا أردنا الإحتفاظ بالقائمة الفرعية الأولى كما هى فإن الدالة (Cons) تستخدم لحفظ أقواس القائمة الأولى فقط مثال :

```
*(cons  x  x  x)
((p  q)  p  q  p  q)
```

د - دوال إعادة تنظيم القوائم

الدوال التى تستخـدم لإعـادة تنظيـم القوائـم هـى : (member) و (union) و (intersection) و (setdifference) و (Length) و (Last) و (nth) و (remove) و (reverse) واخيرا (subst).

والدالة (member) تقوم باختبار ما إذا كان العنصر التالى لها يوجد بالقائمة التالية أم لا. فإذا وجد فإن القائمة الفرعية التى تبدأ بهذا العنصر سوف يتم عرضها ، أما إذا لم يوجد فإن البرنامج يعرض القيمة (nil) . فمثلا :

```
*(member Ahmad '(Ali Hasan Ahmad Hohamed)
(Ahmad Mohamed)
*(member x '(A b y z ) )
*nil
```

والدالة (Union) تقوم بحساب إتحاد فئتين (أى قائمتين) وتكوين فئة (قائمة) ثالثة مكونة من العناصر التى توجد فى كلا الفئتان.

```
*(union '( A  B  C  X  Y  Z) '(A  R  S  X ) )
(A  B  C X  Y  Z   R  S)
```

لاحظ الترتيب فى تكوين القائمة الجديدة.

والدالة (Intersection) تقوم بحساب تقاطع فئتين وتكوين فئة ثالثة مكونة مـن العنـاصر التى تشترك فيها الفئتان فقط.

```
*(intersection '( A  B  C  X  Y  Z) '(A  R  S  X ))
(A  X)
```

والدالة (Setdifference) تقوم بطـرح العنـاصر المشـتركة بيـن الفئتيـن مـن الفئـة الأولـى وعرض الفئة الأولى بعد الطرح. مثل :

```
*(setdifference '( A  B  C  X  Y  Z) '(A  R  S  X ))
(B  C  Y  Z)
```

والدالة (Length) تقوم بحساب عدد العناصر الموجودة داخـل القائمـة ، لاحـظ أن القائمـة الفرعية تعد كعنصر واحد

```
*(length '( A  B ))
2
*(length '( A  B  (X  Y)  Z ))
4
```

والدالة (Last) تقوم بفصل العنصر الأخير من القائمة ووضعـــه فـى قائمـــة منفصـــلة (أى وضعه بين قوسين) :

```
*(last  '( A  B  C  X  Y)  Z ))
(Z )
```

والدالة (remove) تقوم بإعادة تكوين القائمة مـرة أخـرى مـع حـذف عنـاصر محـددة مـن تلك القائمة ، فمثلا :

```
*(remove  'A '(A  B  C  D ))
(B  C  D  )
```

والدالة (reverse) تقوم بإعادة عرض القائمة مرة أخرى فى ترتيب عكسى. فمثلا :

```
*(setq   X  '( I love you ))
(I Love you )
*(reverse  X)
```

```
you love I
*X
I love you
```

لاحظ أن المتغير X لم يتغير نتيجة تأثير الدالة (reverse) ولكنها فقط تقوم بعرض محتوياته فى ترتيب عكسى.

والدالة (Subst) تقوم بإحلال العنصر الأول محل العنصر الثانى فى القائمة المعطاة كعنصر ثالث وعلى ذلك فإن الدالة (Subst) تأخذ ثلاثة متغيرات ، فمثلا :

```
*(subst 'like 'love '( I love you ))
(I like you )
```

هـ - دوال الإسنـــاد (Predicates)

الدوال (atom) و (listp) و (null) و (eq) و (eql) و (equal) و (end) و (Or) و (not) تستخدم فى إتخاذ القرار (Decision Making) فهى تقوم بالرد على التعبير المسند لها ، فإذا كان التعبير صحيحا تعرض الحرف t أى (true) ، وإذا كان خطأ تعرض الحروف (nil) أى (False).

والدالتان (Atom) و (Listp) تقومان باختبار محتويات القائمة ، والدالة (Atom) تستخدم لاختبار ما إذا كان معاملها (Argument) عنصرا (Atom) أم لا ، أما الدالة (Listp) فتستخدم لاختبار ما إذا كان معاملها (Argument) قائمة أم لا.

```
*(atom 'expert )
t
*(Listp '( expert system )
t
*(Listp 'expert )
nil
```

والدالة (Null) تختبر ما إذا كان العنصر التالى لها قائمة فارغة (Empty List) أم لا.

```
*(null 'AI)
nil
```

```
*(null '( ))
t
```

والدوال (Eq) و (Eql) و (Equal) تستخدم لاختبار التشابه بين قائمتين.

والدالة (Eq) تستخدم لاختبار ما إذا كان المعاملان التاليان لها يشغلان نفس حيز التخزين أم لا.

```
*(setq p 'x)
x
*(setq q 'x)
x
*(eq p q )
nil
*(eq p (car (list p q )))
t
*(eq (float 3) (float 3))
nil
```

من هذا المثال يتضح لنا أنه على الرغم من أن p و q كل منهما يساوى x إلا أنهمـا لا يشغلان نفس الحيز فى ذاكرة الحاسب لذلك كان الرد على eq بالنفى (nil)

والدالة (Eql) تقوم بنفس وظيفة (Eq) ولكنها ترد بالإيجاب عندمـا يكـون العنصـران رقميـن متساويين ومن نفس النوع.

```
*(eql (float 3) (float 3 ))
t
```

والدالة (Equal) تختبر ما إذا كان معاملاهـا لهمـا نفـس الشـكل (أى يتـم طباعتهمـا بنفـس الطريقة) أم لا.

```
*(equal 5 (-7 2 ))
t
```

وذلك لأن العنصر الأول ٥ أما العنصر الثانى فناتجه أيضا ٥.

والدوال (and) و (or) و (not) عبارة عن مؤثرات أو دوال منطقية. والدالة (not) يكون ناتجها (t) أى صحيح فقط عندما يكون معاملها هو (nil).

```
*(not nil)
t
*(not t)
nil
```

والدالة (and) تعطى (t) عندما يكون جميع معاملاتها صحيحة (أى true) فقط ، أما الدالة (or) فتعطى (t) عندما يكون هناك عنصر واحد منها على الأقل صحيحا (أى true).

```
*(and nil t t t )
nil
*(and t t t )
t
*(or nil nil t )
t
```

٨ - ٢ - ٥ دوال التقييم والدوال المعرفة بواسطة المستخدم

كما نلاحظ فجميع الدوال التى تم استخدامها يتم تقييمها بواسطة مفسر لغة ليسب (LISP Interpreter) تلقائيا. وهذه الدوال تم وضعها بواسطة واضعى اللغة وليس المستخدم. وفى هذا الجزء سنتعرف على خمسة دوال جديدة تؤدى إلى زيادة إمكانيات اللغة ، بعضها يقوم بالتقييم والبعض الآخر يساعد المستخدم فى كتابة الدوال الخاصة به.

١ - دوال التقييم (Evaluation Functions)

الدالة (Eval) تعمل على تقييم القوائم أما الدالتان (Apply) و (Mapcar) فتقيمان دوالا أخرى :

والدالة (Eval) تعمل على زيادة التقييم بدرجة واحدة بعد التقييم الذى يقوم به المفسر (Interpreter) ، وكل استخدام للدالة يؤدى إلى زيادة التقييم درجة. والمثال التالى يوضح تأثير هذه الدالة.

```
*(setq x 'y )
y
```

```
*(setq  y 'z )
z
*x  ; This is to evaluate  x  by the interpreter.
y
*y  ; This is to evaluate  y by the interpreter.
z
*(eval  x )
z
```

وهذا يعنى أن المفسر يقوم بتقييم (x) ثم تقييم (y) (التى تكـون مخصصة للمتغير x) ، وذلك نتيجة إستخدام الدالة (Eval).

والدالة (Apply) تؤدى إلى تطبيق الدالة التالية لها على المعاملات الخاصة بها.

والدالة (Mapcar) وأحيانا تسمى (Apply-to-all) تعمل علـى تطبيـق الدالـة التاليـة لها على جميع عناصر القائمة ومن ثم تقوم بعرض قائمة جديدة تحتوى على العناصر الجديدة.

وفـى المثـال التـالى نجـد أن الدالـة (Mapcar) تعمـل علـى تطبيـق الدالـة + علـى عنـاصر القائمتين وعرض قائمة جديدة كل عنصر بها هو مجموع كل عنصرين من القائمتين الأصليتين.

```
*(mapcar #'+  '(1   2   3   4   5 )   '(1   2   3   4   5 ))
(2   4   6   8   10 )
```

لاحظ فى هذا المثال أن القائمتين متساويتان فى الطول.

ب - الدوال المعرفة بواسطة المستخدم

الدالتان (Defun) و (Lambda) يساعدان المستخدم فى بناء الدالـة الخاصـة بـه. الدالـة (Defun) تقوم بتعريف الدوال ذات الأسماء ، أما الدالة (Lambda) تقوم بتعريـف الدوال غـير المسماه.

والدالة (Defun) تأخذ الشكل التركيبى الآتى :

```
*(defun  function-name  (parameter1, parameter2,  .... )
 ( expression1  )
 ( expression2 )
      :
 ( expression  )
 )
```

ويجب أن تظهـر جميـع المتغـيرات (parameter1 , parameter2 , ...) داخـل جسـم الدالة. كما يمكن إستخدام قوسين فارغين بدلا من المتغيرات. ولتوضيح ذلك نـذكر المثال التالى :

```
*(defun  not_implemented_yet  ()
  (print  'This function is not implemented yet. )  ; print a
message.  )
```

فهذه الدالة عند مناداتها (بالإسم not_implemented_yet) ستقـوم بعـرض الرسـالة (This function is not implemented yet). وفـى الأجـزاء التاليـة سنـرى أمثلـة أكثر على استخدام الدالة (Defun)

أما الدالة (Lambda) فيمكن توضيحها بالمثال التالى :

إذا أردنـا تحويـل قائمـة مكونـة مـن الأعـداد (5 10 15 20 25) مـن الميـل إلـى الكيلومتر فاننا نريد ضرب كل عنصر فى الرقم (١,٦) ، فإذا استخدمنا الدالة (Mapcar) يكـون الناتج كالتالى :

```
*(mapcar #'*  '(1.6)  ( 5   10   15   20   25 ))
( 8 )
```

وهذه المشكلة ظهرت لأن القائمة الأولى (1.6) يوجد بها عنصر واحد فقط فتم ضـرب هـذا العنصر فى العنصر الأول من القائمة الثانية ومن ثم تم عرض الناتج (8). وللتغلب علـى هـذه المشكلة تستخدم الدالة (Lambda) كالآتى :

```
*(mapcar #'( Lambd (x)
                    ( * x  1.6) )
                   `( 5   10   15   20   25 )
```

```
)
( 8   16   24   32   40 )
```

وهذا معناه أن الدالة ((Lambda (x) تجعل العملية الموجودة فـى التعبير التالـــى لهـــا (أى عملية الضرب فى هذه الحالة (*)) يتم تكرارها بعدد العناصر الموجـودة فى القائمـة الثانيـة مع إحلال عناصر هذه المجموعة محل معاملها (x).

ومن هذا المثال يتضح لنا الآتى :

ا - الدالـة (Lambda) تستخدم لتعريف الدوال الغير مسماه ، أى الدوال التى لا يتم استدعاؤها إلا مرة واحدة فقط وهى لحظة ظهورها.

ب - الدالـــة (Lambda) تستخدم بصفـة خاصـة عنـد تطبيـق دالـة علـى أكثر مـن عنصـر فـى القائمة.

٨ - ٢ - ٦   الدوال الشرطية (Conditional functions)

فـى هذا الجزء سنتعرف على الدوال الشرطية التى تتحكم فى سير البرنامج.

ا - الدالـــــــة (Cond)

أول هذه الدوال هى الدالة الشرطية (Cond) وتأخذ التركيب التالى :

```
*(cond (test1    result1 )
             (test2    result2)
              :
              :
             (testN    resultN)
  )
```

حيث أن كل قائمة فرعية تعتبر جملة شرطية تحتـوى علـى الشـرط وجـواب الشرط. ومـن المفيد دائما جعل آخر جملة شرطية توضح ماذا يحـدث إذا لـم تتحقـق الجمـل الشـرطية السـابقة وذلك بوضع الشرط مساويا للثابت (t) بحيث يكون جواب الشرط هو تعبيـر يوضـح نتيجـة عـدم تحقق الجمل الشرطية السابقة ، كما فى المثال التالى حيـث تـم إسـتخدام الدالـة (Cond) لـدعـم الدالة (member)

```
*(Defun member  (element  List)
    (cond  ((null  List) 'nil)
```

```
        ((eql  element  (car List))  List)
         (t  ( member  element  (car List)))
    )
  )
```

ففى هذا المثال تقوم أول جملة شرطية باختبار هل القائمة فارغة أم لا ، وتقوم الجملة الثانية باختبار هل العنصر مساويا لأول عنصر بالقائمة أم لا ، أما الجملة الثالثة فهى الجملة التى توضح ماذا سيحدث إذا لم تتحقق الجملتان السابقتان.

ب - الدالـــــة (If)

هذه الدالة تأخذ ثلاثة متغيرات ، المتغير الأول يعبر عن الشرط والثانى يعبر عن جملة تحقق الشرط والثالث يعبر عن جملة عدم تحقق الشرط وتأخذ الشكل التالى :

```
if ((test)  (then)  (else) )
```

فعند تحقق الشرط (test) يتم اختيار جملة (then) وتقييمها أما إذا لم يتحقق ، أى إذا كان ناتج الاختبار (nil) ، فإن جملة (else) هى التى يتم تقييمها وإذا لم توجد هذه الجملة فإن الناتج من تعبير (IF) سيكون القيمة (nil) ، وهذا معناه أن جملة (else) يمكن إهمالها من التعبير ، والمثال التالى يوضح لنا كيفية إستخدام هذه الدالة.

```
*(defun  make_even (y)
          ( if  ( oddp  y )  (add 1  y )  y)
  )
```

وفى هذا المثال يتم تعريف الدالة ((make_even(y) ، وهى دالة تجعل المتغير (y) زوجيا إذا كان فرديا وتتركه كما هو إذا كان زوجيا. ويتم ذلك كالآتى:

يتم أولا تقييم جملة الإختبار (test) وهى (oddp y) أى تطبيق الدالة (oddp) على المعامل(y) حيث تعطى (t) إذا كان فرديا و (nil) إذا كان زوجيا. فإذا كان الناتج (t) أى فرديا يتم إضافة واحد له عن طريق الدالة (add 1 y) فى جملة تحقق الشرط (Then). أما إذا كان الناتج (nil) فان المعامل (y) سوف يتم إعادته كما هو عن طريق كتابة (y) فى جملة (else).

جـ - الدالــــــة (When)

تأخذ هذه الدالة الشكل التركيبى الآتى :

*(when (test) (action1) (action2) ....)

ويتم أولا تقييم قائمة الإختبار (test) فإذا كانت صحيحة (non-nil) فـإن القوائـم التاليـة سيتم تقييمها بالتتابع ويتم عرض ناتج آخـر قائمـة أمـا إذا كـانت (nil) فـإن جميـع القوائـم لـن تقيم ويتم عرض الرد (nil). والأمثلة التالية توضح كيفية إستخدامها.

*(when (not (zerop 3)) (list '(this is a non_zero number)))
(This is a non_zero number)
*(when (zero 3) (list '(This is a non_zero number)))
nil

د - الدالــــــة (Unless)

وتأخذ الشكل التركيبى التالى :

*(unless (test) (action1) (action2) .....)

وهى مثل الدالة (when) ولكن فى هذه الحالة يتم تقييم القوائم الفرعية إذا كـانت نتيجـة الإختبار (test) هى (nil) فقط أما إذا كانت غير ذلك فيتم عرض الرد (nil). ويتضح ذلك مـن الأمثلة التالية :

*(unless (zerop 3) (list '(This is a non_zero number)))
(This is a non_zero number)
*(unless (zerop ٠) (list ' (This is a non-zero number)))
nil

هـ - الدالــــــة (And)

وتأخذ الشكل التركيبى التالى :

*(and (test) (action 1 , action 2 , ...))

وهى كما رأينا من قبل يمكن أن تستخدم كمؤثر منطقى (Logical Operator) بالإضافة إلى كونها دالة تحكم (Control Structure Function). وفى هذا التركيب يتـم تقييـم القائمـة الفرعية إذا كانت قائمة الإختبـار صحيحـة (t) أمـا إذا كانت غير صحيحـة (nil) فـإن القائمـة الفرعية لن يتـم تقييمها ويكون الناتج من تعبير الدالة (and) هو (nil). فمثلا

```
*(and (not (zerop 3 )) (list '(This is a non_zero number)))
(This is a non_zero number)
```

و - الدالـــــــة (Case)

وهى دالة شرطية تأخذ الشكل التركيبى التالى:

```
*(case key
        ( keylist1   consequent1 – 1 .... )
        ( keylist2   consequent2 – 1 .... )
          .
          :
        ( otherwise consequent  ........  )
 )
```

وهى تؤدى إلى تنفيذ إحدى الجمـل عنـد توافـق أحـد عنـاصر قائمـة المفتـاح (Key List) لهذه الجملة مع المفتاح (Key) الـذى يتـم اختبـاره وعنـد التوافـق فـإن القوائـم الفرعيـة التاليـة (.... Consequent) يتم تقييمها وعرض ناتج آخر قائمة فرعية بها. أما إذا لـم يتفـق المفتاح (Key) مع أى عنصر من عناصر القوائم (Key Lists) فإن قائمة (Otherwise) يتم تقييمها وإذا لم توجد هذه القائمة يتم عرض الثابت (nil) ، والمثال التالى يوضح كيفيـة إستخدام الدالـة (Case) :

```
*(defun odd_even (x)
      (case x
            ( ( 1   3   5   7   9 ) `odd )
            ( ( 2   4   6   8   10 ) `even)
            (otherwise       '> 10 )
      )
 )
```

فإذا كان المتغير (x) مساويا عـددا فرديـا أقل مـن ١٠ تعـرض الدالـة كلمـة (odd) وإذا كان زوجيا وأقل من ١٠ تعرض كلمة (even) وإذا كان غير ذلك تعرض (> 10).

٨ - ٢ - ٧ الإستدعاء الذاتي (Recursion)

تحقق لغة ليسب خاصية الإستدعاء الذاتى (Recursion) كما يحدث فى اللغات الإجرائية مثل لغة (C). وخاصية الإستدعاء الذاتى هى إمكانية إستدعاء الدالة لنفسها. وتفيد هذه الخاصية فى حل المشكلة بتجزئتها إلى جزئين جزء أول وباقى ، فيتم حل الجزء الأول بدالة معينة ثم تطبيق نفس الدالة على الجزء الباقى. وهكذا حتى يتم حل المشكلة حلا كاملا.

وهناك ثلاث قواعد رئيسية لاستخدام وتكوين برامج التكرار الذاتى هى :

أ - تحديد الخطوة الأولى

ب - تحديد الخطوة التالية بعد إنجاز بعض المهام وحساب الباقى (والباقى هذا يجب أن يكون أصغر من القيمة السابقة له).

جـ - معرفة الخطوة الأخيرة (حيث يجب أن يصاحبها إختبار).

والمثال التالى يوضح هذه الخاصية. وفى هذا المثال يتم حساب مضروب العدد (n) أى حساب الدالة (Factorial (n)).

```
*(Defun factorial (n)
        (Cond  (zerop n )  1  )  ; Last step.
        (t  (Times n (factorial  (sub 1  n)))) ; first
           and next steps.
         )
   )
```

ويمكن تفسير هذا البرنامج فى الخطوات التالية :

١ - تعريف الدالة (Factorial (n))

٢ - اختبار هل (n) تساوى صفر أم لا ، فإذا ساوت الصفر ينتهى عمل الدالة بتحديد القيمة (1).

٣ - إذا لم تساو الصفر فإن الدالة (Factorial) سوف يتم استدعاؤها مرة أخرى بالمتغير (n - 1) وتكون قيمة (Factorial (n)) هى (n x factorial (n - 1)).

أما الخطوات الثلاث الأساسية فى هذا البرنامج فنذكرها كالتالى :

١ - الخطوة الأولى هى معرفة الرقم الذى سيتم ايجاد مضروبه وهو (n).

٢ - الخطوة التالية التكرارية هى أن مضروب (n) يساوى مضروب (n - 1) فى العدد (n).

٣ - الخطوة الأخيرة هى تحقيق الشرط (n = zero) وعند ذلك يتوقف التكرار.



الفصــــل التاسـع

لغة برولـوج

(PROLOG)



لغة برولوج (PROLOG) هي إختصار (PROgramming in LOGic) أي البرمجة المنطقية. وصمم هذه اللغة أستاذ بجامعة مرسيليا بفرنسا يدعى ألن كولمريير (Alan Colmeraur). وظل استخدام لغة البرولوج محصورا في معامل أبحاث الذكاء الأصطناعي بقارة أوربا حتى أكتوبر ١٩٨١ عندما أعلن اليابانيون أن لغة برولوج ستكون اللغة الرئيسية لحاسبات الجيل الخامس.

وإلى الآن لم تكتسب لغة البرولوج قبولا وانتشارا تجاريا واسعا في أمريكا ، ويرجع ذلك لسببين : الأول هو صعوبة إتصالها باللغات التقليدية مثل لغة فورتران (FORTRAN) ، والثاني هو بطء برامج البرولوج في طور الإنتاج. وعلى الرغم من تغلب البرولوج السريع (Turbo PROLOG) على مثل هذه المشاكل إلا إنه حقق ذلك على حساب خصائص أخرى للبرولوج مثل التوحيد (Unification).

وتعتمد لغة البرولوج على مفهوم البرمجة المنطقية (Logic Programming) ، والتي تتعامل مع جمل (Statements) تحتوي على أشياء (Objects) والعلاقات (Relationships) التي تربط بينها مثل الجملة :

Professor (Mohamad , Ali)

في هذه الجملة تسمى كلمة (Professor) بالمسند أو المحمول (Predicate) وتمثل العلاقة بين المعاملات (Mohamad) و (Ali) ، وهي توضح أن (Mohamad) هو أستاذ (Ali).

وعلى هذا فإن لغة البرولوج تسمح للمبرمج بتمثيل العلاقات بين الأشياء وتجميع وتنظيم هذه العلاقات حتى يمكن الوصول إلى إستنتاج منطقي من الحقائق التي تمثلها تلك العلاقات. وذلك على عكس اللغات التقليدية مثل الباسكال وسي التي تطلب من المبرمج كتابة الخطوات التفصيلية التي يجب على الحاسب إتباعها.

والبرمجة بلغة البرولوج تنقسم إلى ثلاثة مراحل هي :

١- إعلان الحقائق عن الأشياء (Objects) و العلاقات التي تربط بينها.
٢- تعريف القواعد (Rules) التي تحكم كلا من الأشياء والعلاقات التي تربط بينها.
٣- السؤال عن الأشياء والعلاقات التي تربطها.

والمرحلة الثالثة يمكن أن تأتي بعد المرحلة الأولى مباشرة حيث يمكن السؤال عن الأشياء دون تطبيق أي قواعد.

وهناك عدة إصدارات للغة البرولوج ولكن إصدار جامعة إدنبرة (Edenburgh University) يعتبر هو الإصدار القياسي وسوف يتم التعرف عليه في الأجزاء التالية.

٩ - ١ كيفية الإعلان عن الحقائق والسؤال عنها

للإعلان عن الحقائق في برنامج البرولوج يجب أولا تحديد الأشياء (Objects) والعلاقات التي تمثل تلك الحقائق. فمثلا إذا كانت هناك حقيقة تقول أن (Ali Likes Mohamad) فالأشياء في هذه الحقيقة هي الأسماء (Ali , Mohamad) أما العلاقة بينهما فهي (Likes) - وتسمى بالمسند (Predicate) - أي الصفة التي تتعلق بشئ ما أو العلاقة التي تربط بين شيئين أو أكثر. ولتمثيل هذه الحقيقة في برنامج البرولوج تكتب كالآتي :

likes (ali , mohamad).

لاحظ كتابة أسماء الأشياء والعلاقات بالحروف الصغيرة (Small Letters) وذلك لأن الأسماء التي تبدأ بالحروف الكبيرة (Capital Letters) أو بالحروف (Underscore (-)) يعتبرها البرولوج متغيرات (Variables). وتختلف الحقيقة باختلاف ترتيب أسماء الأشياء ، بمعنى أن (likes(ali , mohamad تختلف عن (likes(mohamad , ali. وينتهي الإعلان عن الحقيقة بوضع نقطة (.) في آخرها.

ويطلق على التعبير (likes (ali , mohamed) في لغة البرولوج لفظ العبارة (Clause) . ويمكن ترجمة اللغة المكتوبة بإحدى اللغات الطبيعية (الإنجليزية أو العربية)إلى عبارة أو أكثر من عبارات البرولوج. ويتم ذلك بتحديد الأشياء التي يدور حولها موضوع الجملة وتحديد الصفات أو العلاقات التي تميزها ، أو محمول الجملة.

كما يجب ملاحظة أن الإسم الذي يعبر عن صنف (Class) معين من الأشياء يجب أن يختلف عن الإسم الذي يعبر عن عنصر محدد من ذلك الصنف (Instance of the class). على سبيل المثال إذا أردنا كتابة برنامج خبير بواسطة لغة

البرولوج ليستطيع تمييز سمكة معينة من أسماك القط (Catfish) وهي سمكة نشطة (Active) يجب اعلان حقيقتين هما :

A catfish resembles an eal.
The catfish is extremely active.

ففي هذه الحالة يجب اعطاء (Catfish) في الحقيقة الثانية إسما مختلفا عن الحقيقة الأولى ، أى كتابتها بالصورة التالية :

resemble (catfish , eal).
active (catfish1).

وذلك لأن الاسم في البرولوج له معنى واحد فقط. وبهذه الطريقة يمكن تمثيل جميع الحقائق داخل برنامج البرولوج ، ومجموعة هذه الحقائق تسمى قاعدة المعرفة (Knowledgebase).

وبمجرد تخزين الحقائق في قاعدة بيانات يمكن بعد ذلك الاستفسار (Query) عن أى أشياء والعلاقات التي تربط بينها. فعلى سبيل المثال إذا أخذنا قاعدة المعرفة التي تمثل العلاقة بين (Ali , Mohamad) في المثال الأول فيمكن السؤال عن العلاقة بينهما بإحدى الطريقتين التاليتين :

? - likes (ali , mohamad).

أو

likes (ali , mohamad)?

وبناء على هذا السؤال يقوم البرولوج بالبحث في قاعدة المعرفة (Knowledgebase) عن عبارة (Clause) تطابق العبارة الموجودة في السؤال. ويحدث الإتفاق عندما يتفق كل من المسند في عبارة السؤال مثل (Like) مع المسند في الحقيقة الموجودة في قاعدة المعرفة وأيضا عندما تتفق معاملات السؤال مع مثيلاتها من معاملات الحقيقة.

وبما أن السؤال يتفق مع الحقيقة يقوم البرولوج بالرد بالايجاب (Yes) على ذلك السؤال. ولكن إذا تغير ترتيب المعاملات ، مثل

likes (mohamad ,ali) ?

يكون الرد بالنفى (No).

وهذا يعنى أن الحاسب (أو برنامج البرولوج) لايعلم أى حقيقة تتفق مع هذا السؤال، أو بمعنى أدق لاتوجد عبارة تمثل هذه الحقيقة فى قاعدة المعرفة.

٩ - ١ - ١ الثوابت والمتغيرات

يمكن أن تحتوى العبارة فى لغة البرولوج على نوعين من البيانات ثوابت (Constants) ومتغيرات (Variables). والثابت (Constant) هو أى إسم يقوم بوصف شيء محدد (Specific Object)، مثل (mohamad)، (ali)، أو وصف أى علاقة محددة (Specific Relationship)، مثل (Likes). وهناك نوعان من الثوابت فى لغة البرولوج وهما الأعداد الصحيحة (Integers) والعناصر (Atoms).

أ - الأعداد الصحيحة (Integers)

وهى مجموعة الأعداد الصحيحة الموجبة أو السالبة المحصورة بين العددين (-32,765) و (32,765)، مثل :

-15.7,32,1011,-3200

ب - العناصر (Atoms)

العنصر (Atom) هو عبارة عن سلسلة من الحروف أو الأعداد أو الحروف الخاصة والتى تصف إسم أى شيء (Object) أو علاقة (Relationship) كما يجب أن يتحقق فيه الشروط الثلاثة التالية :

١- الا يبدأ بعدد صحيح أو حرف كبير (Capital) أو العلامة (_) (underscore).
٢- الا يحتوى على علامة (-) (hyphen).
٣- إذا احتوى العنصر على أى علامة من العلامات السابقة يجب أن ينحصر بين علامتى التنصيص (").

ومن أمثلة العناصر مايلى :

abc mohamad
chapter_10 ' This is an atom.

والأمثلة التالية ليست عناصر :

456 Vector

Street5 _Tax
Large_Number

أمـا المتغـير (Variable) فهـو أى سلسلة مـن الحـروف تبـدأ إمـا بحـرف كبـير (Capital) وإمـا بالعلامـة (_) (Underscore) ، وهـو إسـم خـاص يمكـن أن يتفـق مـع أى شـىء (Object) موجـود بقاعدة المعرفـة. والأسماء الآتيـة تعتـبر متغـيرات :

Abc	_Ten	Like
X	Xaxis	Move
Yz	Ali	X_Y_Z

وتستخدم المتغـيرات عـادة للتعبـير عـن أى شـخص أو عـن أى شـىء ، فعلـى سـبيل المثـال إذا أردنا أن نعبر عـن الجملـة (Every one Likes Mohamad) نكتـب :

Likes (X , mohamad).

وفـى هـذه الحالـة إذا سـألنا عـن أى شـخص هـل هـو يحـب محمـد فسـيكون رد الـبرولوج بالإيجـاب ، أى إذا سـألنا :

likes (ahmad, mohamad)?

سـيكون الـرد هـو :

Yes

معنـى ذلـك أن أى عنصـر يحـل محـل المتغـير (X) يجعـل الـبرولوج يـرد بالإيجـاب. واسـتخدام المتغـيرات فـى التعبـير عـن الحقـائق يمكـن أن يدمـر العلاقـات التـى تربـط الأشـياء (Objects) فـى قـاعدة المعرفـة ، وسـنرى فيمـا بعـد كيفيـة التغلـب علـى هـذا الإسـتخدام السيىء للمتغـيرات.

٩ - ١ - ٢ التراكيب (Structures)

الـتركيب (Structure) ، ويسـمى أيضـا بالمسـند المركـب (Compound Predicate) ، هـو العبـارة التـى تـأخذ الشـكل

predicate (argument1 , argument2,...).

حيث المعامل الأول(Argument1) يمكن أن يكون ثابتا (Constant) أو متغيرا (Variable) أو عبارة (Clause) أو تركيبا (Structure). والأمثلة التالية تعتبر تراكيب صحيحة.

likes (ali , mohamad).
point (X ,Y , Z).
owns (ahmed , book (X , author ('Mc Craw Hill'))).

ويمكن أن يحتوى التركيب على المعاملات المنطقية (And) , (Or) حيث تفسر العلامة (,) فى البرولوج بالمعامل (And) وأى من العلامتين (;) (|) بالمعامل (Or). والمثال التالى يوضح كيفية إستخدام المعامل (,) أى (And)

likes (ali , mohamad) , like (omar , mohamad)?

وللإجابة على هذا السؤال يقوم البرولوج بالبحث فى قاعدة المعرفة عن الشطر الأول من السؤال ، أى العبارة الأولى ، فإذا وجدها لاتتفق مع أى من الحقائق الموجودة رد بالنفى (no) واذا وجدها تتفق مع حقيقة من الحقائق يبدأ بالبحث عن الشطر الثانى ، أى العبارة الثانية ، فإذا وجدها لاتتفق مع أى من الحقائق رد بالنفى (no) وإذا وجد غير ذلك رد بالايجاب (yes).

أما المثالين التالين فيوضحان كيفية استخدام المعامل (Or) وكلاهما يؤدى نفس المعنى :

likes (ali , mohamad) ; likes (ali , adel)?

أو

likes (ali , mohamad) | likes (ali ,aAdel)?

وفى هذه الحالة يرد البرولوج بالإيجاب (yes) إذا وجد اتفاق بين التعبير الأول وحقيقة من الحقائق وإذا لم يجد يقوم بالبحث عن التعبير الثانى فى الحقائق فإذا تم الإتفاق بينه وبين أى حقيقة رد بالايجاب (yes) وإذا لم يجد رد بالنفى (no).

٩ - ٣ البحث الراجع (Backtracking)

تتميز لغة البرولوج بإمكانية البحث الراجع (Backtracking) ، وهى طريقة من طرق البحث عن معلومات معينة داخل قاعدة المعرفة. والمثال التالى يوضح أهمية وجود هذه الخاصية.

إذا زودنا البرولوج بقاعدة المعرفة التالية :

```
likes ( ali , mohamad).
likes (ali , ahmad).
likes (ali , omar).
likes (ali , adel).
likes (ahmad , mohamad).
```

فإذا أردنا الاستفسار عن الأشخاص الذين يحبهم "على " ، نكتب السؤال التالى:

```
likes (ali , People_Ali _Likes) ?
```

فى هذه الحالة يبدأ البرولوج بالبحث فى قاعدة المعرفة لإيجاد قيم المتغير (People_Ali_Likes) وهذا المتغير يسمى بمتغير "غير محدد(Uninstantiated)" . وعندما يجد حقيقة (أى عبارة) تتفق مع السؤال (وهى أول عبارة) يقوم البرولوج بإسناد الإسم (أى الشىء) المناظر لذلك المتغير إليه أى وضع (People_Ali_Likes=Mohamad). وفى هذه الحالة يقال أن المتغير تم تحديده (Instantiated) بالعنصر (أو الشىء أو الثابت) (Mohamad).

والآن دعنا نرى الإجابة على هذا السؤال و بعد ذلك نرى كيف توصل البرولوج إلى هذه الإجابة. فالإجابة على السؤال السابق ستكون على الشكل التالى :

```
People_Ali_Like = mohamad
People_Ali_Like = ahmad
People_Ali_Like = omar
People_Ali_Like = adel
```

والذى حدث داخل البرولوج للوصول إلى هذه النتيجة هو كالتالى :

يبدأ البرولوج فى البحث داخل قاعدة المعرفة من أول عبارة وعندما يجد أى توافق بين المسند والمعامل الأول فى السؤال والمسند والمعامل الأول فى الحقيقة يقوم بوضع علامة عند هذه الحقيقة ويحاول بعد ذلك البحث عن حقيقة أخرى تتفق مع السؤال وهكذا إلى أن يتم البحث فى قاعدة المعرفة كلها.

وعند الإنتهاء من البحث بقاعدة المعرفة يعود البرنامج إلى تلك العلامات التى كان قد وضعها ، ومن ثم يقوم بإسناد المعاملات المقابلة للمتغير فى تلك الحقائق إلى المتغير ، ومع كل إسناد يقوم بالرد بقيم المتغير الذى وجدها فى كل حقيقة بالصورة السابق توضيحها.

وتسمى عملية الرجوع إلى العلامات التى سبق وضعها عند الحقائق المتفقة مع السؤال بالبحث الراجع (Back_Tracking) وهذه العملية سنتعرف عليها أكثر فى الجزء الخاص بالنظم الخبيرة.

والمثال التالى يوضح عملية البحث الراجع وأيضا الإمكانيات المتاحة فى طرق الإستفسار. فإذا أردنا أن نسأل عن الأشخاص الذين يحبهم كل من على وأحمد نطرح السؤال التالى:

likes (ali, People_liked) , likes (ahmad, People_liked)?

وفى هذه الحالة يقوم البرولوج بالبحث داخل قاعدة المعرفة عن العبارة التى تتفق مع الجزء الأول من السؤال. ولأن المتغير (People_Liked) يمكن أن يتفق مع أى شىء فى قاعدة المعرفة ،سيقوم البرولوج بإسناد (Mohamad) من الحقيقة الأولى إلى هذا المتغير. وبعد ذلك يحاول البرولوج البحث فى قاعدة المعرفة عن حقيقة تتفق مع الجزء الثانى من السؤال ويفشل مع أول حقيقية وهى likes (ali , ahmad). ومع هذا الفشل لايرد البرولوج مباشرة بالنفى ولكنه يستخدم خاصية البحث الراجع (Backtracking) فى المحاولة مرة ثانية وثالثة وهكذا إلى أن يتم إتفاق بين عبارة السؤال وأى حقيقة أو ينتهى البحث فى جميع الحقائق الموجودة بقاعدة المعرفة.

وفى المثال السابق يرد البرولوج بعد أربعة محاولات بأن الشخص الذى يحبه كل من على وأحمد هو محمد ويكون الرد على الصورة التالية :

People_liked = mohamad.

٩ - ٣ إضافة القواعد إلى قاعدة المعرفة

يمكن إضافة القواعد (Rules) إلى قاعدة المعرفة بكتابتها بالشكل التالى :

```
P :-
Q ,
R ,
.
.
.
Z .
```

أو كتابتها بالشكل التالى :

P : - Q, R, ..., Z .

وكما نرى تتكون القاعدة من قسمين هما العنوان (head) والجسم (body) ويفصل كلا منهما العلامة (-).

ففى المثال السابق تمثل (P) العنوان وتمثل (Q , R , ... , Z) جسم القاعدة.

وهذه القاعدة تعنى أن (P) تتحقق (أى True) إذا تحقق كل من ((Q) , (Z) , ... , ..., R...) لاحظ أن الفاصلة (,) هنا تعنى (and) ، ويمكن إستخدام (;) أى (OR) داخل جسم القاعدة أيضا.

وتضاف القواعد الجديدة إلى قاعدة المعرفة أو تكتب فى صورة برنامج للتحكم فى عملية البحث واستخراج البيانات المطلوبة ، والمثال التالى يوضح ذلك :

إذا أردنا البحث فى قاعدة المعرفة عن شخص ما (Person 1) والذى يكون أخا لشخص معروف (Person 2) نكتب القاعدة التالية :

```
brother_of (Person1 , Person2)  : -
                         parent ( X , Person 1 ) ,
                         parent ( X , Person 2) ,
                         sex ( Person1  , male),
                         diff ( person1  , Person2).
diff  ( X , Y) : - X  / = Y.
```

وهذا معناه أننا نحدد أن الشخص الأول (Person 1) يكون أخا للشخص الثانى (Person 2) إذا كان والد (Parent) الشخص الأول هو نفسه والد الشخص الثانى ، وأن الشخص الأول ذكر (لأنه " أخ " الثانى) ، وكذلك الشخص الأول يختلف عن الشخص الثانى (وذلك لكى لايرد علينا البرولوج بأن محمد ، مثلا ، أخو نفسه لأن لهم نفس الأب !).
والقاعدة التى تفرق بين الشخصين تم كتابتها بعد القاعدة الاولى وهى تقول أن المتغير (X) لايساوى (=/) المتغير (Y).

ولتوضيح هذه القاعدة نكتب قاعدة المعرفة الخاصة بالأسرة المكونة من (Ali) أب و (Fatma) أم و (Mona , Ahmad , Mohamad , Khalid) أبناء.

وهى تكتب كالآتى :

```
parent (ali , ahmad).
parent (ali , mohamad).
parent (ali , khalid).
parent (ali , mona).
parent (fatma , mona).
parent ( fatma , ahmad).
parent ( fatma , mohamad).
parent ( fatma , khalid).
sex (ali , male).
sex ( fatma , female).
sex ( mona , female).
sex ( ahamd , male).
sex ( mohamad , male).
sex ( khalid , male).
```

وهذه التعبيرات أو الحقائق التى تكون قاعدة المعرفة للأسرة تمثل العلاقات التى تربط الأسماء ببعضها وهى أن (Ali) هو والد كل من (ahmad) و (mohamad) و (khalid) وهو ذكر (male) وهم ذكور وهو أيضا والد (mona) وهى أنثى (female) وأن (fatma) هى أم كل من (ahmad) و (mohamad) و (khalid) و (mona) وهى أنثى (female). وبعد كتابة قاعدة المعرفة كما سبق الإيضاح يمكن إجراء الإستفسارات التالية :

١- هل (khalid) أخو (mohamad) ويكون السؤال كالتالى :

```
borther_of ( khalid , mohamad)?
```

وتكون الإجابة بالايجاب

```
yes
```

وذلك لأن البرولوج تتبع الخطوات التى تحقق القاعدة (brother_of) وهى أن الشخص الأول والثانى لهما نفس الأبوين والأول ذكر ويختلف عن الثانى (أى أن khalid لايساوى mohamad).

٢- من هم إخوة (ahmad) ، ويكون السؤال كالتالى :

brother_of (X , ahmad)?

وفى هذه الحالة يكون الرد بأسماء كل إخوة (ahmad) الذين يتفقون مع القاعدة (brother_ of). ويكون الرد كالتالى

X = mohamad

X = khalid

أى أن كل من (mohamad) و (khalid) يتفق مع المتغير (X) والذى يمثل إسم إخوة (ahmad) . ويلاحظ إنه لم يذكر (mona) وذلك لأن نوعها (sex) يختلف عن النوع الموجود بالقاعدة (brother_of).

٩ - ٤ العمليات الرياضية (Arithmetic Operations)

تحتوى معظم إصدارات لغة البرولوج على المعاملات الرياضية (Arithmetic Operators) الموضحة فى الجدول التالى ، كما أن بعض الإصدارات تحتوى على المعامل (is) والذى يقوم بعمل المعامل (=) ، أى أن العبارة (x is 10+20) تكافىء (x = 10+20)

المعامل	المعنى	مثال	الناتج
+	الجمع	2+3	5
-	الطرح	3-1	2
*	الضرب	5*3	15
/	ناتج القسمة الصحيحة	7/4	4
mod	باقى القسمة الصحيحة	7 mod4	3
=	اختبار التساوى	2 = 2	true
/ =	اختبار عدم التساوى	3 = \2	true
>	أكبر من	5 < 3	false
<	أقل من	5 > 3	true
<=	أقل من أو يساوى	X < = Y	غير محدد
>=	أكبر من أو يساوى	X < = Y	غير محدد

٩ - ٥ القوائم (Lists)

كما فى لغة ليسب فإن لغة البرولوج توفر إستخدام القوائم (Lists) والقائمة هى إما عنصر (Atom) يمثل قائمة فارغة ([ ]) ، وإما تركيب مكون من معاملين (Arguments Two) ، الراس (Head) والذيل (Tail) محصورين داخل قوسين مربعين ([ ]) ويمثل الرأس العنصر الأول (First Element) والذيل باقى العناصر. فمثلا فى القائمة [a, b, c, d, e,] فإن العنصر (a) يمثل رأس القائمة وباقى العناصر (e) , ( ) , d) , (b)c) تمثل ذيل القائمة.

والمثال التالى يوضح كيفية إستخدام القوائم فى البرولوج :

وإذا اعتبرنا الحقيقة التالية :

friends ([a, b, c, d, e,]).

فإذا أردنا معرفة رأس القائمة وذيلها نكتب السؤال التالى :

```
friends ( [ Head | Tail])?
   or
friends ( [ Head | ... Tail])?
```

فيجيب البرولوج بالآتى

```
Head  = a
Tail  = [  b, c, d, e ]
```

اى أن ذيل القائمة [a, b, c, d, e] هو ايضا قائمة فرعية [b, c, d, e].

وبهذه الإمكانية يمكننا بناء الدوال الذاتية الموجودة فى لغة ليسب ، مثل (car) و (cdr) و (member) فى لغة البرولوج. فعلى سبيل المثال يمكن كتابة الدالة (member) فى لغة البرولوج ، بتعريفها بالقاعدتين التاليتين :

١- العنصر (A) عضو (member) فى القائمة (P) إذا كان (A) هو أول عنصر فى (P).

٢- إذا لم يكن (A) هو أول عنصر فى (P) ، فإن (A) يكون عنصرا فى (P) فقط إذا كان عنصرا فى ذيل القائمة (P).

وتكتب هاتان القاعدتان فى لغة البرولوج كالتالى :

member (A , [A |_]).
member (A , [_ | Y]) : - member (A , Y).

ففى القاعدة (أو الحقيقة) الأولى نعرف أن المسند (member) يتحقق إذا كان العنصر (A) هو أول عنصر فى القائمة بغض النظر عن ذيل القائمة (وتعرف هذه بوضع العلامة (_) (وتسمى Underscore) مكان ذيل القائمة).

أما فى القاعدة الثانية فإن المسند (member) يتحقق إذا كان عنصرا فى ذيل القائمة بغض النظر عن رأس القائمة. وهذه القاعدة تسمى بالقاعدة التكرارية (Recursive) والتى يتم توضيحها فيما بعد.

٩ - ٦ معامل القطع للبحث الراجع

معامل القطع (Cut Operator) هو من أهم المعاملات فى لغة البرولوج والذى يتحكم فى عملية البحث الراجع (Backtracking) ويمثل هذا المعامل بعلامة التعجب (!). وإستخدام هذا المعامل يعنى للبرولوج تخطى الإختيارات السابقة للإختيار الذى يوجد به معامل القطع (!) وذلك عندما تبدأ البرولوج فى عملية البحث الراجع. وهذا المعامل يستخدم لزيادة سرعة البرنامج وتقليل المساحة المستخدمة من الذاكرة وكذلك منع البرولوج من إعطاء عدد كبير أو لانهائى من الحلول.

ولتوضيح تأثير هذا المعامل نأخذ المثال التالى :

باستخدام القاعدتين السابقتين للدالة (member) والإستفسار بالسؤال التالى :

member (X, [a, b, c, d, e,]) ?

يرد البرولوج بالتالى :

X = a
X = b
X = c
X = d
X = e

وللحد من هذا العدد الكبير من الحلول نستخدم معامل القطع فى قاعدتى تعريف الدالة (member) كالتالى :

```
member ( X , [ X | _ ] ) : - !.
member ( X , [ _ | Y ] ) : - member (X,Y).
```

فى هذه الحالة عند الإستفسار بالسؤال

```
member ( X, [ a, b, c, d, e,] ) ?
```

يكون الرد كالآتى :

```
x = a
```

ففى هذه الحالة عند تحقيق القاعدة الأولى يعرف البرولوج مكان معامل القطع ، وبالتالى عندما يبدأ فى البحث الراجع أوتوماتيكيا يتوقف عند مكان معامل القطع ، وهذا يعنى أن القاعدة الثانية ستنفذ مرة واحدة فقط.

٩ - ٧ كتابة البرامج

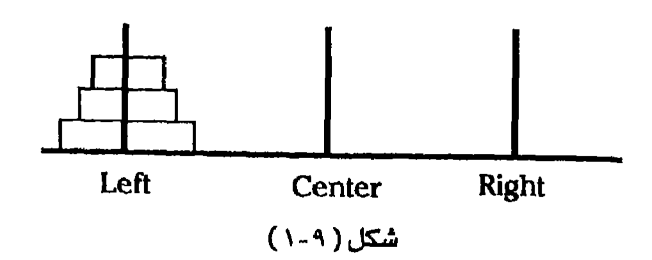
يتكون برنامج البرولوج من ثلاثة أجزاء هى الحقائق (Facts) والقواعد (Rules) والإستفسارات (Queries). ويمكن ألا يحتوى البرنامج على الاستفسارت حيث يمكن السؤال عنها فيما بعد عند تنفيذ البرنامج. والأمثلة التالية توضح كيفية كتابة البرامج فى لغة برولوج.

المثال الأول

وفيه نرى كيفية كتابة برنامج ليحل المسألة التى تسمى بلعبة برج هانوى (Tower of Hanoi). وهى عبارة عن ثلاثة أعمدة (left , center, right) يرمز لها بالرموز (A, B, C) على الترتيب يحتوى أحدها على عدد من الأقراص المختلفة القطر بحيث يأتى الأصغر قطرا فوق الأكبر قطرا ، كما يتضح من الشكل (٩-١)

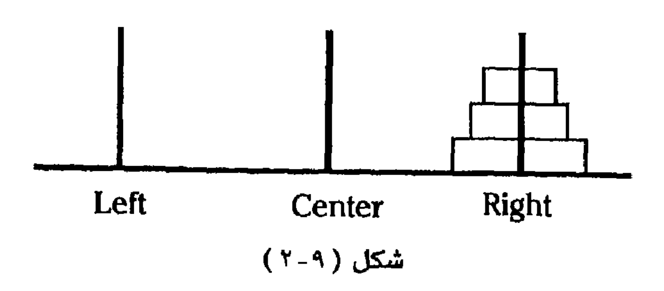
والمطلوب هو نقل هذه الأقراص بنفس الترتيب إلى أحد الأعمدة الأخرى(right مثلا) بحيث يتم الإلتزام بالآتى :

١- نقل قرص واحد فى المرة الواحدة.
٢- لايوضع قرص فوق آخر أصغر منه قطرا.



شكل (٩-١)

أى ليصبح الوضع كما يتضح بالشكل (٩-٢)



شكل (٩-٢)

ولحل هذه المسألة باللغات العادية نحتاج إلى برنامج طويل جدا ولكن لخصائص البرولوج التكرارية فإن البرنامج المكتوب بواسطتها لايتعدى السطور التالية :

```
move ( ٠ , - ,- , - ) : - ! .
move (I, A, B , C )
                M  is I - 1,
                move (M, A, C, B, ),
                show ( A, B, ),
                move (M, C, B, A, ).
show (X , Y) : -
          print ( ' Move  the disk on ', X , ' to ' , Y),
          n1  .    % n1 indicates a new line.
hanoi (I) : -  move (I, left , center , right).
```

ففى القاعدة الأولى نوضح للبرولوج أن عملية نقل الأقراص تتوقف عندما يصبح عدد الأقراص صفرا (٠). والقاعدة الثانية هى القاعدة التى تقوم بتنفيذ عملية النقل وهى مبنية على الإستراتيجية التالية :

١- حرك عدد (n - 1) قرص من (left) إلى (center).
٢- حرك عدد (واحد) قرص من (left) إلى (right).
٣- حرك عدد (n - 1) قرص من (enter) إلى (right).

ثم يتم تكرار هذه الخطوات الثلاث على (n - 1) قرص الموجودة فى العمود (A).

أما القاعدة الثالثة فهى تعريف للمسند (show) الذى يقوم بعرض خطوات الحل عن طريق أمر (PRINT). وفى هذه القاعدة نرى الجملة (% n1 indicates a new line) وهى عبارة عن تعليق (comment) وهو يكون مسبوقا بعلامة النسبة المئوية (٪).

أما القاعدة الرابعة (hanoi (I)) فهى القاعدة التى تستدعى القواعد السابقة للقيام بحل المشكلة لأى عدد من الأقراص (I) لنقلها من العمود (Left) إلى العمود (Right) بالشروط المطلوبة.

فمثلا إذا أردنا الحل لثلاثة أقراص نقوم بكتابة السؤال التالى :

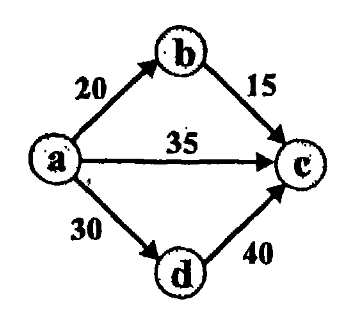
hanoi (3) ?

فيرد البرولوج بالخطوات التالية والتى تؤدى للحل :

move the disk on left to right
move the disk on left to center
move the disk on right to center
move the disk on left to right
move the disk on center to left
move the disk on center to right
move the disk on left to right

المثال الثانى

نريد كتابة برنامج برولوج يقوم بحساب المسارات الممكنة بين أى عقدتين فى الشبكة التالية :



ولتنفيذ ذلك نختار المسند (Link) ليمثل الرابطة بين أى عقدتين والقيمة (أو المسافة) بينهما. فعلى سبيل المثال العلاقة بين (a , b) تمثل بالحقيقة (link (a, b, 20. لاحظ أنه يوجد أكثر من مسار من (a) إلى (c).

والبرنامج الذى يحل هذه المسألة يكون كالتالى :

```
link (a, b, 20).
link (a, c, 35).
link ( a, b, 30).
link ( b, c, 15).
link ( d, c, 40).
dist (X, Y, D ) :- link (X, Y, D).
dist (X, Y, D ):- link (X, Y, D1 ) , link (z, y, D2)
                          D is D1 +D2.
```

بعد ذلك يمكن إجراء الإستفسارات التالية :

أ- إذا أردنا معرفة المسافة بين العقدتين (a) و (b) ، فإننا نسأل :

```
dist (a, b, X) ?
```

فيرد البرولوج

```
X= 20
```

ب- إذا أردنا أن نعرف ماهى العقد المتصلة بالعقدة (a) بمسافة (٢٠) ، فإننا نسأل :

```
dist (a, X, 20) ?
```

فيرد البرولوج

X = b

حـ - إذا أردنا أن نعرف ماهى العقد المتصلة بالعقدة (a) وما هى المسافة بينهما ، نسأل :

dist (a, X, D) ?

فيرد البرولوج

X = b ,   D = 20
X = c ,   D = 35
X = d ,   D = 30
X = c ,   D = 35
X = c ,   D = 70

د - لتوضيح النتيجة السابقة نكتب السؤال التالى :

dist (a, c, D) ?

فيرد البرولوج

D = 35
D = 35
D = 70

ويلاحظ أنه يوجد ثلاثة قيم للمتغير (D) وذلك لأنه يوجد ثلاثة مسارت من (a) إلى (c) وهم :

المسار الأول : من (a) إلى (c) مباشرة وقيمته (35).
المسار الثانى : من (a) إلى (b) ثم الى (c) وقميته (20 + 15 = 35)
المسار الثالث : من (a) إلى (d) ثم إلى (c) وقيمته (30 + 40 = 70)

هـ - إذا أردنا معرفة جميع المسارات الممكنة فإننا نسأل :

dist (X , Y, D) ?

فيرد البرولوج

X = a, Y = b,   D = 20
X = a,   Y = c, D = 35
X = a,   Y = d, D = 30
X = b,   Y = c, D = 15
X = d, Y = c, D = 40
X = a, Y = c, D = 35

$X = a, Y = c, D = 70$

من هذين المثالين تتضح لنا الخصائص الهائلة للغة البرولوج في معالجة الرموز (Symbol Processing) والتي تمثل إحدى دعائم مجال الذكاء الإصطناعي ، وكذلك الخصائص التي تتميز بها لبناء قواعد المعرفة (Knowledge Bases) وتوفير طرق البحث داخلها.




٤
الجزء الرابع
النظم الخبيرة



مقدمــــة

تعرضنا فى الجزء الأول إلى علم الذكاء الإصطناعى كأحد علوم الحاسب التى تهتم بإنشاء برمجيات ومكونات مادية قادرة على محاكاة السلوك البشرى. ثم تعرضنا فى الجزء الثانى إلى علم هندسة المعرفة باعتباره فن استخدام المبادىء (Principles) والأدوات (Tools) الخاصة بأبحاث الذكاء الإصطناعى لحل مشاكل التطبيقات الصعبة التى تحتاج لمعلومات الخبراء (Experts) لحلها. وفى هذا الجزء نتعرف على النظم الخبيرة باعتبارها أحد أهم تطبيقات علمى الذكاء الإصطناعى وهندسة المعرفة.

والنظام الخبير هو عبارة عن مجموعة من البرامج التى تقوم بحل المشاكل والمسائل فى المجال المطلوب إنشاء النظام الخبير له. ويلاحظ أنه يطلق عليه نظام (System) وليس مجرد برنامج لأنه يشتمل على مكونات حل المشكلة ومكونات أخرى مدعمة للحل. وهذه المكونات الأخرى تشكل محيط الدعم والذى يساعد المستخدم على التفاعل مع النظام. ويمكن أن يتضمن وسائل مساعدة على درجة عالية من التعقيد لكشف الأعطال ومساعدة القائمين ببناء النظام الخبير على اختبار وتقييم كود البرمجة المستخدم والإمكانيات التى تسهل التعامل مع المستخدم أثناء تحرير البرامج. كما تساعده على تعديل المعرفة بالنظام الخبير بالإضافة والحذف وكذلك استخدام الوسائل التى تساعد على إدخال واسترجاع المعلومات والمعارف بتلقائية ويسر عند تشغيل النظام.

ويشترك فى بناء وتكوين النظام الخبير مجموعة من العناصر تشمل خبير المجال (Domain Expert) ، ومهندس المعرفة (Knowledge Expert) ، وأداة بناء النظام الخبير (Expert-System Building Tool) والنظام الخبير نفسه ، ومستخدم النظام الخبير ، وأخيرا طاقم إدخال البيانات والمعلومات إلى النظام الخبير (Clerical Staff).

وخبير المجال (Domain Expert) هو شخص واسع المعرفة وذو سمعة بارزة وواضحة فى إعطاء حلول عملية وجيدة للمشاكل فى مجاله. ويمكن استخدام خبير أو أكثر فى المجال بالإضافة إلى أنه يمكن إضافة المعرفة من مصادر أخرى مثل الكتب والمراجع والدوريات والمجلات المتخصصة وخلافه.

أما مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) فهو شخص لديه خلفية ودراية بعلم الحاسبات والذكاء الإصطناعى ، ويعرف جيدا كيف يتم بناء النظم الخبيرة. ويقوم مهندس المعرفة باستجواب

الخبير تفصيلا واستخلاص حصيلة المعارف المتراكمة لديه وترشيحها وتنظيمها وتحديد الأسلوب الأمثل لتمثيلها فى نظام الخبرة ، كما يمكنه مساعدة القائمين بكتابة البرامج التى تكون نظام الخبرة.

أما أداة ووسيلة بناء النظام الخبير (Expert-system Building Tool) ، فهى عبارة عن لغة البرمجة التى يستخدمها مهندسو المعرفة والمبرمجون لبناء النظام الخبير. وهذه الأدوات والوسائل تختلف عن لغات البرمجة التقليدية ، مثل بيزك وفورتران وباسكال ، والتى تعتبر لغات إجرائية (Procedural) فى التكوين تحتم على المبرمج أن يكتب خطوات حل المسألة أو المشكلة خطوة خطوة (Step-by-step) ، وعلى الحاسب إتباعها بكل تفاصيلها. أما أدوات بناء النظام الخبير فتستخدم أسلوبا يعتمد على إعلان(Declaration) العلاقات والقواعد التى تربط بين المتغيرات ، والتى تناسب فى تركيبها مجموعة التطبيقات التى تعتمد على الخبرة المتراكمة ، ولذلك فهى أقرب إلى الطريقة الذكية التى يفكر بها الإنسان.

ويتكون هذا الجزء من ثلاثة فصول حيث يلقى الفصل الاول نظرة عامة على النظم الخبيرة تشمل نبذة تاريخية عنها والمقومات الأساسية لها والعناصر الأساسية فى بناء النظام الخبير والخصائص الرئيسية له والفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية والأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة وأهم مجالات تطبيقها كما يوضح مثالا لنظام خبير أثناء التشغيل. وينتقل الفصل الثانى إلى بناء النظام الخبير ويوضح المراحل المختلفة لتنفيذ ذلك كما يوضح كيفية إعداد فريق التطوير واختيار أداة بناء النظام الخبير وينتهى هذا الفصل بتقديم مثال لسيناريو بناء نظام خبير. وينتقل الفصل الثالث إلى تقديم أمثلة عملية للنظم الخبيرة فى المجالات المختلفة التى تشمل الطب والهندسة والزراعة والجيولوجيا والصناعة والإلكترونيات والقانون ونظم الحاسب والفيزياء وتكنولوجيا الفضاء والكيمياء والمجال الحربى.

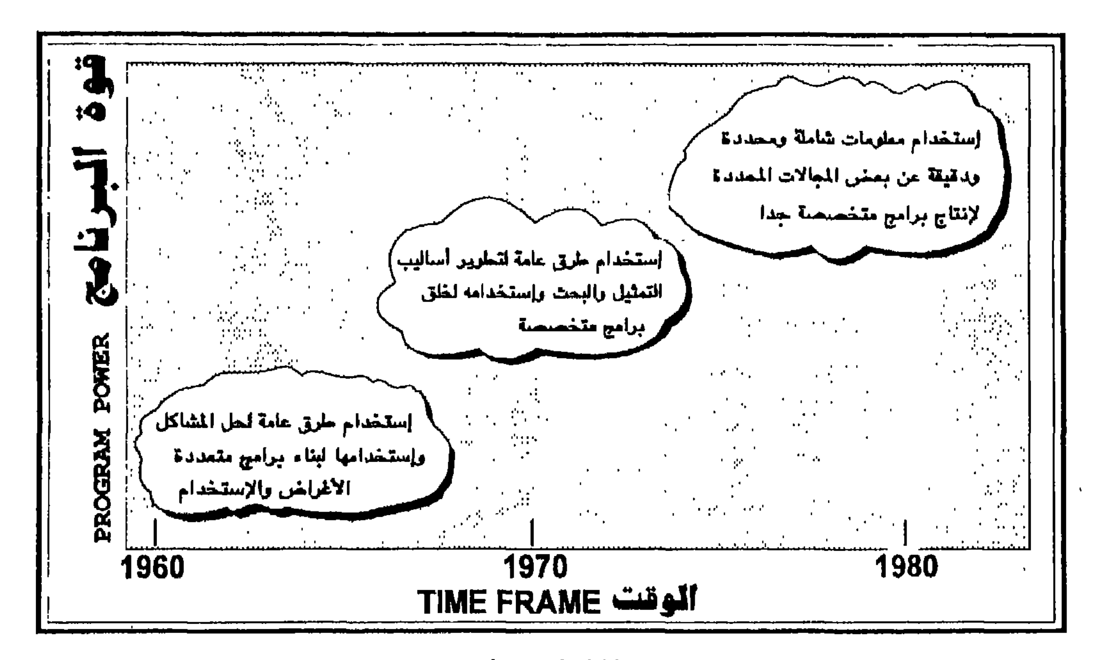
الفصل العاشر

نظرة عامة
على النظم الخبيرة



١٠ - ١ نبذة تاريخية

النظم الخبيرة هى محصلة ما يقرب من عشرين عاما من العمل الدءوب لعلماء الذكاء الإصطناعى لتصميم برامج حاسبات تستطيع بأسلوب ما أن تحل المشاكل المعقدة التى يعتبر حلها سلوكا ذكيا إذا ما تم ذلك بواسطة الانسان. وقد بدأ ذلك فى الواقع فى أواخر الخمسينات. ويوضح شكل (١٠-١) مراحل التطور التازيخى للنظم الخبيرة خلال هذه الفترة. ففى الستينات ، حاول علماء الذكاء الإصطناعى محاكاة العملية المعقدة للتفكير لدى الإنسان وذلك بايجاد أساليب ووسائل عامة لحل مشكلة ذات نطاق واسع وكبير (Broad Class) وتم استخدام هذه الأساليب فى برامج ذات أغراض عامة ومتعددة (General-purpose Programs). ورغم تحقيق بعض التقدم الملحوظ ، إلا أن هذه الإستراتيجية لم تؤد إلى أى نتائج بارزة. فتصميم برامج ذات أغراض عامة كان صعبا للغاية ولم يؤد إلى أى نتائج ايجابية. ولذلك قرر علماء الذكاء الإصطناعى أنه لابد أن يكون هناك وسيلة أخرى لجعل برامج الحاسب تتسم بالذكاء. ولذلك فقد تم التركيز بدلا من ذلك على تصميم طرق وتقنيات عامة تستخدم فى برامج أكثر تحديدا وخصوصية (More Specialized Programs).



شكل (١٠-١)

لذلك تم التركيز خلال السبعينات على تقنيات مثل التمثيل (Representation) بمعنى كيفية تمثيل المشكلة ووضعها فى اطار يسهل معه حلها، والبحث (Search) بمعنى كيفية التحكم بمهارة فى البحث عن حل مما يؤدى بالتالى إلى عدم استخدام سعات كبيرة من ذاكرة الحاسب. ومرة أخرى ، لم تسفر هذه الإستراتيجية عن أى تقدم أو نجاح بارز. وفى أواخر السبعينات بدأ علماء الذكاء الإصطناعى

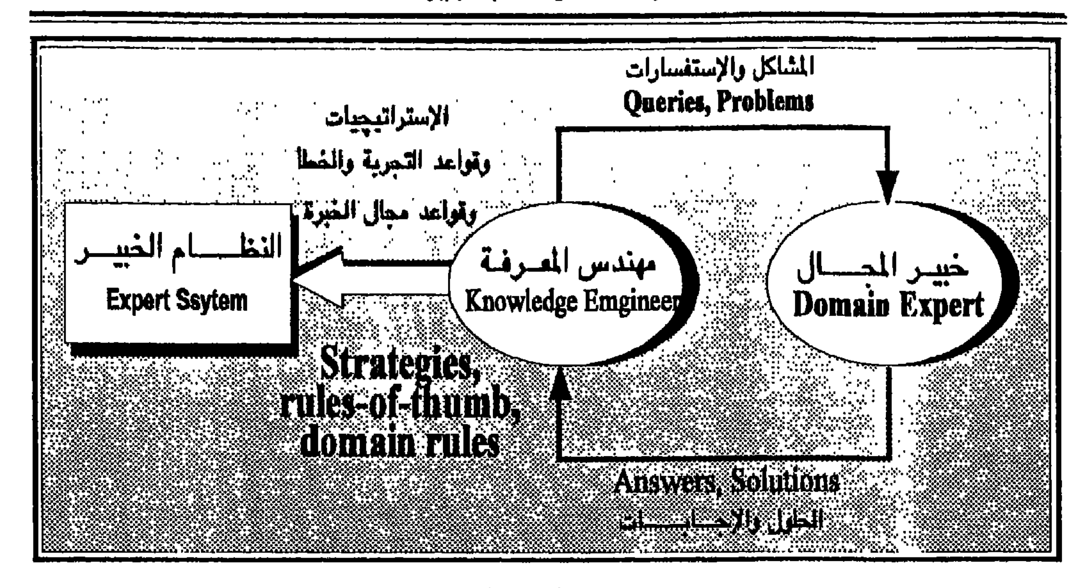
فى التحقق من أن قوة البرنامج وذكاءه فى حل المسائل تأتى أساسا من المعرفة (Knowledge) التى يحتويها ، وليس من مجرد أساليب التمثيل والبحث والإستدلال التى يستخدمها. وأدى ذلك إلى تحقيق نجاح كبير فى جعل برنامج الحاسب يتصف بالذكاء عن طريق تزويده بكمية من المعرفة ذات نوعية متفوقة فى مجال محدد ومتخصص. وبذلك بدأ إنتاج برامج حاسبات ذات أغراض خاصة (Special-Purposes) وخبيرة فى مجالات محددة وضيقة. وأطلق على هذه النوعية من البرامج إسم " النظم الخبيرة " (Expert Systems) ، وبدأ مجال جديد من مجالات الذكاء الإصطناعى يتطور وينتشر بسرعة كبيرة فى معظم أوجه الحياة العملية.

١٠ - ٢ هندسة المعرفة (Knowledge Engineering)

يطلق عادة على عملية بناء النظام الخبير إسم " هندسة المعرفة " وتشمل هذه العملية عادة شكلا خاصا من الحوار بين المسئول عن بناء النظام الخبير (Expert System Builder) والذى يطلق عليه إسم " مهندس المعرفة " (Knowledge Engineer) ، وواحد أو أكثر من الخبراء فى أحد المجالات التى سيتعرض البرنامج الخبير لحل مشاكلها. ويقوم مهندس المعرفة باستخلاص الإستراتيجيات والأساليب والقواعد التى يمارسها الخبير فى حل المشاكل المتعلقة بمجال خبرته والتى اكتسبها من تدريبه وممارسته العملية وتجاربه لسنوات طويلة فى هذا المجال. ثم يقوم مهندس المعرفة بوضع حصيلة ما تم استخلاصه من الخبير والذى يمثل المعرفة فى هذا المجال فى النظام الخبير الذى يقوم ببنائه ، ويوضح شكل (١٠ - ٢) عملية نقل معرفة الخبير إلى برنامج الحاسب الذى يقوم فيما بعد بحل المشاكل بنفس أسلوب وذكاء الخبير البشرى (Human Expert).

ولذلك فإن هندسة المعرفة تعتمد أساسا على دراسة الخبرة البشرية من أجل تصميم برامج تتسم بالذكاء والكفاءة. ونظرا لأن الخبير هو محور استخلاص المعرفة المتراكمة واللازمة لبناء النظم الخبيرة فإنه من الضرورى التعرض لمعنى كلمة "خبير" والذى يتلخص فيما يلى :

" الخبير هو شخص قادر على عمل أشياء فى مجال معين لا يستطيع غيره أداءها وذلك نتيجة لتدريبه وخبرته الناجمة عن ممارسته الشخصية فى هذا المجال". والخبراء ليسوا فقط محترفين ولكن عملهم وأسلوبهم يتسم بالسلاسة والفعالية. والخبراء يعرفون أشياء كثيرة فى مجال خبرتهم ولديهم الحيل والبراعة اللازمة لتوضيح أى غموض أو لبس للمشاكل التى يواجهونها والمهام الموكلة إليهم ، ولديهم البراعة اللازمة للخوض خلال المشكلة التى يواجهونها والوصول إلى لبها والنقاط الأساسية اللازمة لحلها. ويرجع الأساس فى تصرف الخبراء بهذا الأسلوب إلى ما لديهم من معرفة فعالة ومؤثرة وهو ما نطلق عليه لفظ " خبرة ".



شكل (١٠-٢)

ولذلك فمن المنطقى عند بناء أى نظام خبير فى مجال معين ، أن يكون الخبراء فى هذا المجال هم الذين يتم سؤالهم والحوار معهم وذلك لتمثيل الخبرة والمعرفة لديهم والتى تمكنهم من التصرف ببراعة وفعالية ، ثم ترشيح هذه الخبرات وتخزينها وصيانتها وزيادة إستغلالها حتى لاتظل حبيسة الأذهان وعرضة للتبدد والضياع.

١٠ - ٣ المقومات الأساسية للنظم الخبيرة

يجب أن تتوفر فى النظم الخبيرة أربعة مقومات أساسية وهى :

أ - وسيلة لاكتساب المعرفة (Knowledge Acquisition) وترشيحها وذلك من مصادرها البشرية والمادية وهى المهمة التى يقوم بها أساسا مهندسو المعرفة ، وذلك من خلال إستجوابهم المفصل للخبراء وحوارهم معهم وتحليلهم الدقيق لمصادر معلوماتهم وعلمهم ، وتمحيصهم الهادف للحالات التى يمكن منها إستغلال هذه الخبرة وتطبيقها.

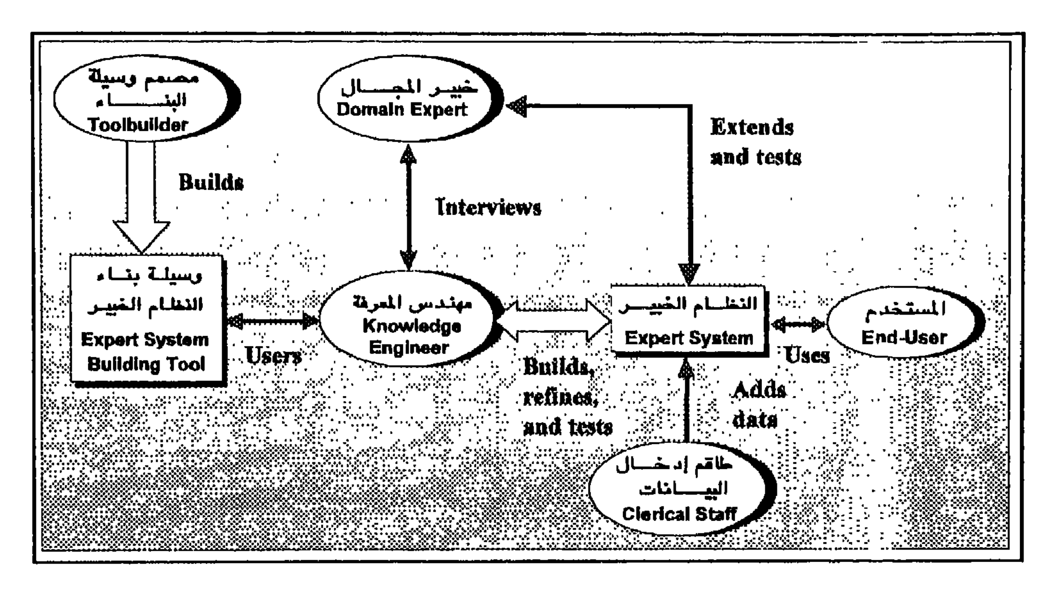
ب - تمثيل مجموعة المعارف والعلاقات التى تربط بينها بصورة يسهل معها تخزينها واسترجاعها وتحديثها بالإضافة والحذف والتعديل وذلك على هيئة قاعدة للمعرفة (Knowledge Base).

جـ - توفير وسائل آلية للإستدلال واستنتاج واستخلاص المعارف وتطبيقها لحل المشاكل والمسائل المختلفة وتفسير الظواهر آليا.

د - توفير الوسيلة التلقائية التى يمكن من خلالها استغلال مضمون قاعدة المعرفة فى حل المشاكل والمسائل والإجابة على الأسئلة التى تعرض عليها بالإضافة إلى تفسير أسباب هذه الحلول والاجابات عند طلب ذلك.

١٠ - ٤ العناصر الأساسية فى بناء النظام الخبير

يوضح شكل (١٠ - ٣) أهم المشتركين فى بناء وإنشاء أى نظام خبير والذى يشمل خبير المجال (Domain Expert) ، ومهندس المعرفة (Knowledge Expert) ، وأداة بناء النظام الخبير (Expert-System Building Tool) والنظام الخبير نفسه ، ومستخدم النظام الخبير ، وأخيرا طاقم إدخال البيانات والمعلومات إلى النظام الخبير (Clerical Staff). كما يوضح الشكل أيضا العلاقة بين كل مشترك وآخر ودوره الأساسى أثناء بناء النظام الخبير.



شكل (١٠ - ٣)

والنظام الخبير هو عبارة عن مجموعة من البرامج التى تقوم بحل المشاكل والمسائل فى المجال المطلوب انشاء النظام الخبير له. ويلاحظ أنه يطلق عليه نظام (System) وليس مجرد برنامج (Program) لأنه يشتمل على مكونات حل المشكلة(Problem Solving Components) ، ومكونات أخرى مدعمة (Support Components).

وهذه المكونات الأخرى تشكل محيط الدعم (Support Environment) والذى يساعد المستخدم على التفاعل مع البرنامج الأساسى. ويمكن أن يتضمن وسائل مساعدة على درجة عالية من التعقيد لكشف الأعطال ومساعدة القائمين ببناء النظام الخبير على اختبار وتقييم كود البرمجة (Program Code) ، والإمكانيات التى تسهل التعامل مع المستخدم (User Friendly)

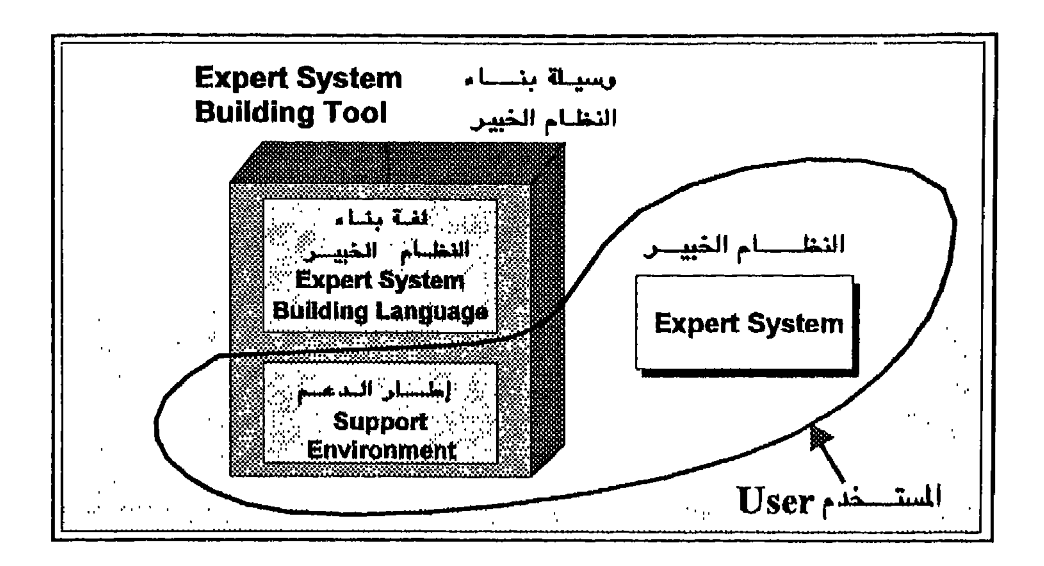
أثناء تحرير البرامج ، وتساعده على تعديل المعرفة بالنظام الخبير بالإضافة والحذف واستخدام الوسائل التى تساعد على إدخال واسترجاع المعلومات والمعارف بتلقائية ويسر عند تشغيل النظام.

وخبير المجال (Domain Expert) هو شخص واسع المعرفة وذو سمعة بارزة وواضحة فى إعطاء حلول عملية وجيدة للمشاكل فى مجاله. ويمكن استخدام خبير أو أكثر فى المجال بالإضافة إلى أنه يمكن إضافة المعرفة من مصادر أخرى مثل الكتب والمراجع والدوريات والمجلات المتخصصة وخلافه.

أما مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) فهو شخص لديه خلفية ودراية بعلم الحاسبات والذكاء الإصطناعى ، ويعرف جيدا كيف يتم بناء النظم الخبيرة. ويقوم مهندس المعرفة باستجواب الخبير تفصيلا واستخلاص حصيلة المعارف المتراكمة لديه وترشيحها وتنظيمها وتحديد الأسلوب الأمثل لتمثيلها فى نظام الخبرة ، كما يمكنه مساعدة القائمين بكتابة البرامج التى تكون نظام الخبرة.

أما أداة ووسيلة بناء النظام الخبير (Expert-system Building Tool) ، فهى عبارة عن لغة البرمجة التى يستخدمها مهندسو المعرفة والمبرمجون لبناء النظام الخبير. وهذه الأدوات والوسائل تختلف عن لغات البرمجة التقليدية ، مثل بيزك وفورتران وباسكال ، والتى تعتبر لغات إجرائية (Procedural) فى التكوين تحتم على المبرمج أن يكتب خطوات حل المسألة أو المشكلة خطوة خطوة (Step-by-step) ، وعلى الحاسب إتباعها بكل تفاصيلها. أما أدوات بناء النظام الخبير فتستخدم أسلوبا يعتمد على إعلان (Declaration) العلاقات والقواعد التى تربط بين المتغيرات ، والتى تناسب فى تركيبها مجموعة التطبيقات التى تعتمد على الخبرة المتراكمة ، ولذلك فهى أقرب إلى الطريقة الذكية التى يفكر بها الانسان.

وتجدر الإشارة هنا إلى أهمية التفرقة بين الوسيلة أو الأداة التى تستخدم لبناء النظام الخبير ، والنظام الخبير نفسه ويوضح شكل (١٠ - ٤) الفرق بينهما. فوسيلة بناء النظام الخبير تحتوى على اللغة المستخدمة فى تمثيل المعرفة والإستدلال عليها بالإضافة إلى محيط من إطار الدعم (Support Environment) ، وهى مجموعة البرامج التى تقوم بمساعدة المستخدمين للنظام على التفاعل والحوار بتلقائية مع النظام الخبير وذلك لحل المشكلة أو المسألة المعروضة عليه. كما أن البرامج التى تمثل محيط الدعم تعتبر جزءا من النظام الخبير ، وذلك لأن المستخدم يستخدمها فى إستفساراته واستخداماته للنظام الخبير بعد بنائه. ومن هنا يظهر الارتباك والتشوش الذى يؤدى إلى عدم التفرقة بينهما فى بعض الأحيان والذى يقع فيه حتى بعض علماء الحاسب.



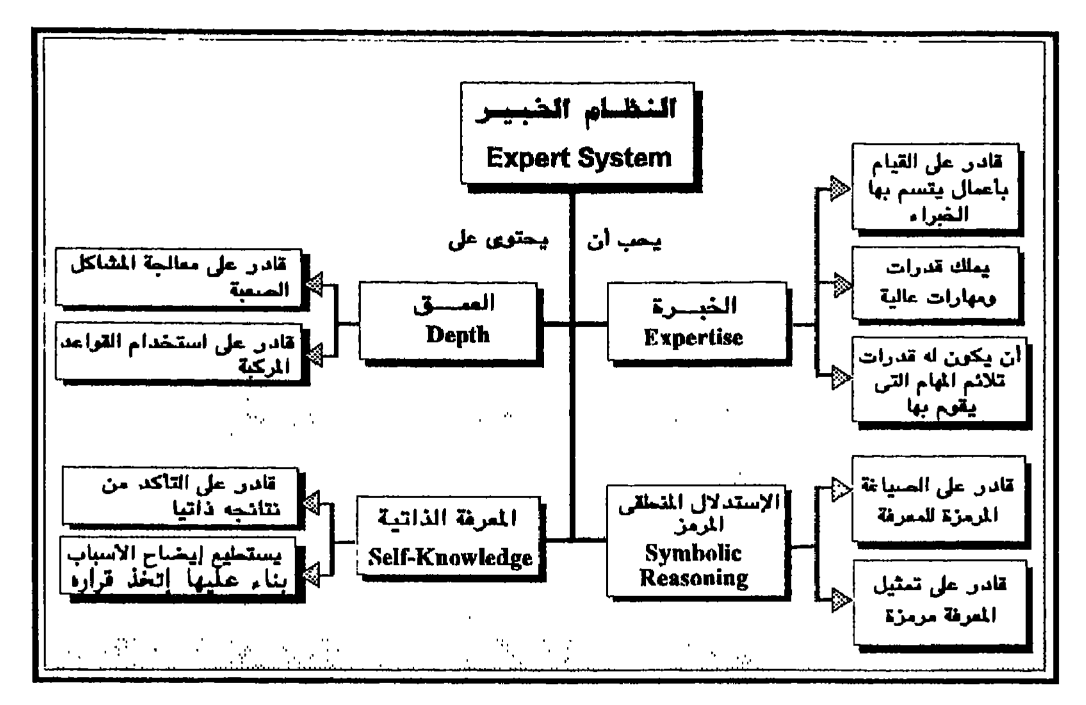
شكل (١٠ - ٤)

والمستخدم ، هو بطبيعة الحال الشخص أو مجموعة الأشخاص أو الجهة التى تقوم باستخدام النظام الخبير بعد بنائه ، والذى تم عمله أساسا من أجلهم. وطبقا لطبيعة المجال الخاص بالنظام الخبير فإن المستخدم يمكن أن يكون أحد العلماء الذى يقوم بأبحاث فى علم طبقات الأرض مثلا ، أو أحد المحامين الذى يقوم باستخدامه لكشف غموض قضية معينة ومساعدته فى الدفاع عن موكليه بشأنها ، أو طالبا يقوم باستخدامه للتعلم فى مجال الكيمياء العضوية مثلا ... وهكذا.

أما طاقم إدخال البيانات فمهمته تنحصر فى إدخال البيانات والمعلومات والحقائق والمعارف المطلوب تخزينها فى النظام الخبير طبقا للأسلوب والإستراتيجية التى يضعها مهندس المعرفة ، أو القائم ببناء النظام الخبير.

١٠ - ٥ الخصائص الأساسية للنظام الخبير

إتفق علماء الذكاء الإصطناعى على رؤية محددة للنظام الخبير ، وقد تم وضع خصائص معينة لابد أن تتوفر فى النظام الخبير وذلك حتى يتضح الفرق بينه وبين برامج الحاسب النمطية المتعارف عليها. ويوضح شكل (١٠ - ٥) هذه الخصائص الأساسية والتى تشمل الخبرة ، والإستدلال المنطقى المرمز ، والعمق ، والمعرفة الذاتية.



شكل (١٠-٥)

١٠ - ٥ - ١ الخبرة (Expertise)

لابد أن يعمل النظام الخبير بكفاءة ، بمعنى أن يحقق نفس مستوى الأداء الذى يحققه الخبير البشرى فى مجال التطبيق المطلوب ولذلك فمجرد تحقيق نتائج جيدة ليس كافيا. فالخبراء الحقيقيون لايحققون حلولا جيدة فقط ، ولكن دائما يصلون إلى هذه الحلول والنتائج بسرعة وكفاءة ، بخلاف المبتدئين الذين يمكن أن يصلوا إلى نفس الحلول والنتائج بعد فترات أطول بكثير. ولذلك فمن صفات النظام الخبير أن يكون كفءا (Skillful) ، بمعنى أن يكون قادرا على تطبيق معارفه بفعالية مستخدما الحيل والطرق المختصرة (Short Cuts) بنفس الأسلوب الذى يستخدمه الخبير البشرى نتيجة لخبرته فى حذف الحسابات والإفتراضات الغير ضرورية والتى تعتبر إهدارا للوقت. ولكى يحاكى النظام الخبير أداء الخبير البشرى بصدق لابد أن يتميز بصدق أداء الخبير البشرى ولابد أن يتميز بالنشاط والقوة. وذلك يعنى وجود سعة فى الأفق بالإضافة إلى العمق فى المعرفة. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام المعرفة العامة (General Knowledge) ، وطرق حل المسائل (Problem-Solving methods) عن طريق الإستدلال المنطقى باستخدام الأسس الأولية عندما يكون هناك بيانات خاطئة وقواعد وظواهر غير كاملة.

١٠ - ٥ - ٢ الإستنتاج المنطقى المرمز (Symbolic Reasoning)

عندما يقوم أى خبير من البشر بحل مسائل ومشاكل من تلك النوعية المناسبة للنظم الخبيرة ، فانه لايقوم بذلك بواسطة حل مجموعة من المعادلات أو القيام بعمل مجموعة من الحسابات الرياضية التى تستلزم جهدا كبيرا. ولكن بدلا من ذلك يقوم الخبير باختيار مجموعة من الرموز (Symbols) لتمثيل المفاهيم والمقومات التى تخص المسألة أو المشكلة ، ثم يقوم بتطبيق العديد من الإستراتيجيات المختلفة والقيام بالتجريب لمعالجة هذه المقومات والمفاهيم. ولذلك فالنظام الخبير يقوم أيضا بتمثيل المعرفة رمزيا (Symbolically). وفى مجالات الذكاء الاصطناعى يعرف الرمز (Symbol) بأنه سلسلة (String) من الحروف والأرقام تمثل مفاهيم العالم الحقيقى (Real-World Concept). وكمثال لهذه الرموز:

Product
Defendant
0.8

وهذه الرموز يمكن مزجها للتعبير عن العلاقات فيما بينها. وعندما يتم تمثيل هذه العلاقة فى برنامج ذكاء إصطناعى ، فإنه يطلق عليها " التركيب الرمزى " (Symbolic Structure). ويمثل الآتى أمثلة للتراكيب الرمزية :

(DEFECTIVE product)
(LEASED-BY product defendant)
(EQUAL LIABILITY defendant) 0.8)

وهذه التراكيب يمكن أن تفسر كالآتى :

" the product is defective "

أى أن " المنتج معيب "

" the product is leased by the defendant "

أى أن " المنتج مؤجر بواسطة المدعى عليه "

" the liability of the defendant is 0.8 "

أى أن " المسئولية القانونية للمدعى عليه هى ٠,٨ "

ولكى يتم حل مسألة ما ، فإن النظام الخبير يقوم بمعالجة هذه الرموز بدلا من القيام بالحسابات الرياضية القياسية. وهذا لا يعنى أن النظم الخبيرة لا تقوم بإجراء الحسابات الرياضية ، ولكن التركيز فيها يكون على معالجة الرموز. ويترتب على ذلك أهمية اختيار الشكل والأسلوب للرموز التى يتم بها تمثيل المعرفة فى النظام الخبير.

١٠ - ٥ - ٣ العمق (Depth)

يتميز النظام الخبير بالعمق ، بمعنى أنه يعمل بفاعلية وكفاءة فى مجال تطبيق دقيق ومحدود يتسم بالصعوبة والتحدى. والنظم الخبيرة تستخدم عادة فى مجالات تتصل بمشاكل واقعية وحقيقية وليس فيما يطلق عليه علماء الذكاء الإصطناعى " مجالات دميوية " (Toy Domains) ، والذى يعنى تبسيط المشكلة المراد حلها تبسيطا شديدا مما لايحقق أى تطابق واقعى وحقيقى لمشاكل العالم الحقيقى (Real-World) والمنشأ من أجله النظام الخبير. ولذلك فإن تعريف واختيار إطار المشكلة المراد استخدام النظام الخبير لحلها يعتبر عاملا رئيسيا فى نجاح النظام الخبير. ولذلك لابد من مراعاة الإهتمام بأساليب وطرق تمثيل المعرفة وتنظيمها وعدم تبسيط حيز البحث (Search Space) عن الحلول ، سواءا كانت مرحلية (Intermediate) أو نهائية (Final).

١٠ - ٥ - ٤ المعرفة الذاتية (Self-Knowledge)

النظام الخبير لابد أن يحتوى على معارف تحقق له الإستدلال المنطقى عن عملياته التى يقوم بها بالإضافة إلى بنية أساسية من المعرفة تحقق تبسيط هذا الإستدلال. والغرض من ذلك بالطبع هو اختبار النظام الخبير لمدى دقة وانسجام ومعقولية النتيجة التى توصل إليها ، بل يتجاوز ذلك الى إستنباط الحجج والبراهين التى تعضد وتشرح الإستدلال المنطقى الذى أدى إلى النتيجة التى توصل اليها. ومثل هذه النوعية من المعرفة يطلق عليها المعرفة عن المعرفة (Metaknowledge) ، أو كما يطلق عليها فى كثير من الأحيان اسم " المعرفة الذاتية ".

ومعظم النظم الخبيرة لديها ما يسمى " بإمكانية الشرح والتوضيح " ، وهذه الإمكانية تشمل المعرفة اللازمة لشرح كيف توصل النظام إلى النتائج والإجابات الخاصة بالمشكلة أو المسألة المعروضة عليه. ومعظم هذه الشروح تشمل عرضا لسلسلة الإستنتاجات وشرحا للأساس المنطقى وراء كل قاعدة تم استخدامها فى ذلك. وتعتبر قدرة النظام الخبير على شرح وتوضيح العمليات التى يقوم بها وأساسها المنطقى إحدى السمات البارزة له وذلك للأسباب التالية :

- زيادة ثقة المستخدم فى النتائج التى يتم التوصل إليها مما يؤدى إلى زيادة الإعتمادية على النظام الخبير.
- سرعة بناء النظام لسهولة كشف أى أعطال به أثناء إنشائه.
- وضوح جميع الإفتراضات التى تحكم تشغيل النظام.
- سهولة اختبار والتنبؤ بتأثير أى تغيير على عمله.

١٠ - ٦ الفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية

يتركز الفرق الأساسى بين نظام خبير وأى برنامج نمطى فى وسائل المعالجة لكل منها. فالنظام الخبير يقوم بمعالجة المعرفة ، أما البرامج النمطية (Conventional Programs) فتقوم بمعالجة البيانات والمعلومات. ويوضح الجدول التالى الفرق بين معالجة البيانات والمعلومات ومعالجة المعرفة.

م	معالجة البيانات	معالجة المعرفة
١	تمثيل واستخدام البيانات والمعلومات	تمثيل واستخدام المعرفة
٢	خوارزمى (Algorithmic)	حدسى (Heuristic)
٣	عملية تكرارية (Repetitive Process)	عملية إستدلالية(Inferential Process)
٤	معالجة فعالة لقواعد بيانات	معالجة فعالة لقواعد معرفة ضخمة

١٠ - ٧ الأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة

يتم بناء النظم الخبيرة لحل أنواع مختلفة من المشاكل والقيام بالعديد من الأنشطة المختلفة. ويمكن تجميع هذه الأنشطة فى فئات متنوعة تتلخص فيما يلى :

١ - التفسير (Interpretation)

ويتعرض أساسا لوصف المواقف المستنتجة من بيانات مجمعة بواسطة وسائل رصد البيانات المختلفة (Sensor data) وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام يقوم بالتفسير مثل نظام (SPE) مايلى :

IF : The tracing pattern is "asymmetric gamma"
and the gamma quantity is normal (correlated with age)
THEN : The concentration of gammaglobulin is within
the normal range.

ونظام (SPE) يقوم بتفسير الموجات الصادرة من ماسح مقياس الكثافة للتفرقة بين الأسباب المختلفة لحالات الإلتهاب لدى المرضى. ونظم التفسير المختلفة يمكن أن تعالج أنواعا مختلفة من البيانات منها ماهو موجات صوتية أو أشكال أو صور مختلفة مثل صور الأشعة أو موجات كهرومغناطيسية أو مجالات مغناطيسية مختلفة أو موجات حرارية ... الخ.

٢ - التنبؤ (Prediction)

حيث يقوم النظام الخبير باستنتاج النتائج المترتبة على مواقف معطاة ومشابهة لمواقف سابقة. وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بالتنبؤ مثل نظام (PLANT/cd) ما يلى :

IF : 1) The black Cutworm vs. leafstage table has been computed.
2) Whether there are greater than 4 weeds/foot of row is known,
3) The corn variety is known, and
4) The soil moisture in the field is known

THEN : Compute the corn yield without insecticide treatment and assign it the variable YIELD1

ونظام (PLANT/cd) يقوم بالتنبؤ بالخسائر التى تحدث فى محصول الذرة نتيجة حشرة سوداء اللون يطلق عليها إسم (Black Cut-worm). ونظم التنبؤ تتعدد طبقا للتطبيقات المتنوعة ، فمنها ما يقوم بالتنبؤ بمخزون البترول العالمى طبقا للدراسات الجيولوجية ، وآخر يقوم بالتنبؤ بأماكن المواجهة العسكرية المحتملة مستقبلا بناءا على تقارير المخابرات وهكذا. وتستخدم نظم التنبؤ فى بعض الأحيان نماذج لمحاكاة الأنشطة الحقيقية والواقعية وذلك لخلق مواقف وسيناريوهات يمكن أن تحدث نتيجة بيانات ومعلومات معينة يتم تغذية النظام بها.

٣ - تشخيص الأعطال (Diagnosis)

وهذه النظم تقوم بتشخيص الأعطال باستخدام الشواهد والمعلومات الخاصة بتصميم النظام وأسلوب عمله ووصف أدائه وخصائصه وذلك لاستنتاج الأسباب التى تؤدى إلى عطل النظام. وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بالتشخيص مثل نظام (MYCIN) ما يلى :

IF : 1) The stain of the organPsm is grampos, and
2) The morphology of the organism is coccus, and
3) The growth conformation of the organism is chains

THEN : There is suggestive evidence (0.7) that the identity of the organism is streptococcus.

ونظام (MYCIN) يقوم بتشخيص أعراض الإصابة البكتيرية لمرضى المستشفيات. وتستخدم هذه النوعية من النظم الخبيرة عادة كمستشار فى المجال لا يقوم فقط بتشخيص الأعراض ولكن بوصف العلاج اللازم لها أيضا. ويعتبر مجال الطب أحد المجالات الحيوية التى تطبق بها هذه النوعية من الأنشطة.

٤ - التصميم (Design)

وتقوم هذه النظم بتصميم الدوائر الإلكترونية (Circuit Layout) والمبانى مع الإلتزام بقيود التصميم وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال التصميمات مثل نظام (XCON) ما يلى :

IF : The most current active context is assigning a power supply and an sbi module of any type has been put in a cabinet and the position it occupies in the cabinet (its nexus) is known and there is space available in the cabinet for power supply for that nexu and there is an available power supply

THEN :put the power supply in the cabinet in the available space.

وقد قام نظام (XCON) بالمساعدة فى تصميم نظم الحاسبات من طراز (VAX)

٥ - التخطيط (Planning)

وتستخدم هذه النظم فى التخطيط طويل وقصير الأجل فى مجالات عديدة مثل إدارة المشاريع ، الإتصالات ، تطوير المنتجات ، الإقتصاد. وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال التخطيط مثل نظام (TART) ما يلى :

IF : The airfield does have exposed aircraft and the number of aircraft in the open at the airfield is greater than 0.25 x the total number of aircraft at that airfield.
THEN :Let EXCELLENT be the rating for aircraft at that airfield.

ونظام (TART) يقوم بالتخطيط لضرب القواعد الجوية المعادية

٦ - المراقبة (Monitoring)

وفى هذه النظم يتم مقارنة الشواهد والنتائج الفعلية بما هو متوقع وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال المراقبة مثل نظام (REACTOR) ما يلى :

IF : The heat transfer form the primary coolant system to the secondary coolant system is inadequate and the feedwater flow is low
THEN:The accedent is loss of feedwater.

ونظام (REACTOR) يقوم بمراقبة قراءات الأجهزة المختلفة لتقييم أدائها وكشف ظواهر حدوث خطر ما فى مفاعل ذرى.

٧ - إزالة الأعطال (Debugging)

وفيها يتم وصف أساليب إزالة الأعطال والعلل وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال إزالة الأعطال والعلل مثل نظام (ONCOCIN) الذى يقوم بتشخيص العلاج لمرضى السرطان ما يلى:

IF : 1) The patient has received chemotherapy, and
2) The blood counts do warrant dose attenuation
THEN : Conclude that the current attenuated dose is the previous dose attenuated by the minimum of the dose attenuation due to low WBC and the dose attenuation due to low platelets.

ومن أمثلة تلك النوعية من النظم الخبيرة أيضا تلك التى تقوم بتوضيح كيف يتم ضبط نظم الحاسبات للتغلب على مشاكل معينة فى أدائها ، وكذلك تلك التى تقوم باختيار نوع الصيانة والإصلاح المناسبين لكوابل التليفونات العاطلة ، بالإضافة إلى العديد من التطبيقات الأخرى.

٨ - إصلاح الأعطال (Repair)

وفى هذه النظم يتم إيضاح تنفيذ الخطوات اللازمة لإصلاح الأعطال وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال إصلاح الأعطال مثل نظام (TQMSTUNE) ما يلى :

IF : The detector output voltage is maximized after varying the LENS1 -Q1 voltage and
The detector output voltage is maximized after varying the LENS2 -Q1 voltage, and
⋮
The detector output voltage is maximized after varying the Q1 bias-voltage, and
The detector output voltage is maximized after varying the Q3 bias-voltage
THEN : The detector unit coarse-tuned.

وهذا النظام يقوم بتوليف وضبط مقياس طيف الكتلة الثلاثى - الرباعى

١٠ - التدريب والتعليم (Instruction)

وتقوم مثل هذه النوعية من النظم بتعليم وتدريب الدارسين على إكتساب المهارات فى المجالات المختلفة.

وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال التدريب والتعليم مثل نظام (GUIDON) ما يلى :

IF :You believe the student considered a particular domain rule, and that rule concludes a value present in the student's conclusions, and no other rule that mentions this value is believed to have been considered by the student
THEN :Increase the cumulative belief that student considered this rule by 0.40

ونظام (GUIDON) يقوم بتعليم طلبة الطب القواعد اللازمة لاختيار العلاج المناسب للأمراض المصاحبة للإلتهابات البكتيرية.

١٠ - التحكم (Control)

وتقوم هذه النظم بالسيطرة على جميع أنشطة وسلوكيات أى نظام وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال التحكم مثل نظام (VM) ما يلى :

IF : HEART RATE is ACCEPTABLE
PULSE RATE does NOT CHANGE by 20 beats/minute in 15 minutes
MEAN ARTERIAL PRESSURE is ACCEPTABLE
MEAN ARTERIAL PRESSURE does not CHANGE by 15 torr in 15 minutes
SYSTOLIC BLOOD PRESSURE is ACCEPTABLE
THEN : The HEMODYNAMICS are STABLE.

ونظام (VM) يقوم بالتحكم فى وحدات العناية المركزة بالمستشفيات

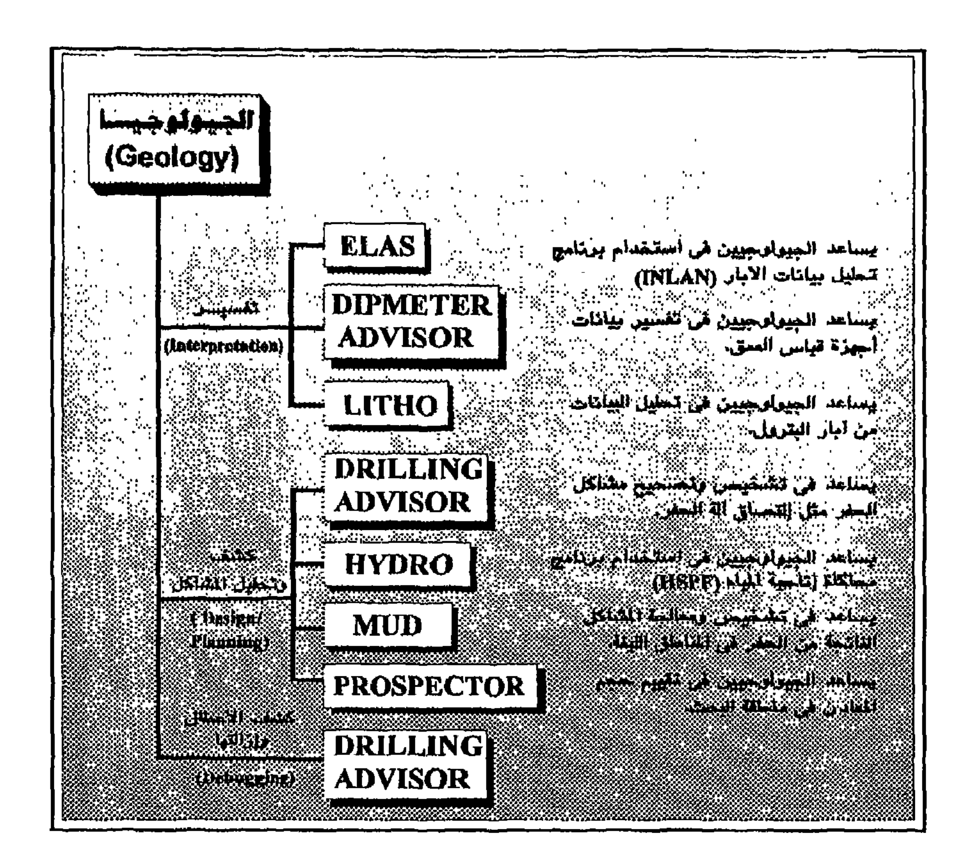
وتجدر الإشارة هنا إلى أن الكثير من النظم الخبيرة يتضمن أكثر من وظيفة من الوظائف التى سبق ذكرها ، فعادة يكون كشف الأعطال والعلل مصاحبا لأساليب إزالتها ، والمراقبة مع التحكم ، والتخطيط مع التصميم ، ونتيجة لذلك يرى كثير من الباحثين فى مجال الذكاء الإصطناعى أنه من الأفضل تقسيم النظم الخبيرة طبقا لمجالات التطبيق التى تستخدم بها وذلك رغم أنه تظهر دائما تطبيقات للنظم الخبيرة فى مجالات جديدة.

١٠ - ٨ أهم مجالات التطبيق للنظم الخبيرة

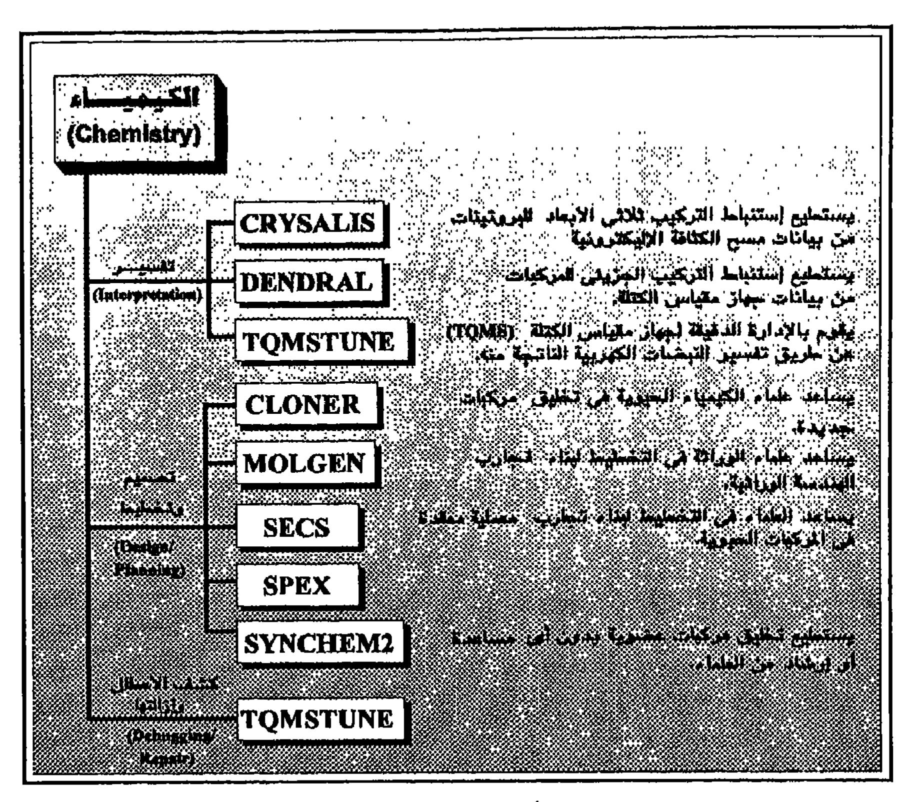
تم تطبيق النظم الخبيرة بالفعل فى مجالات عديدة وأثبتت نجاحا كبيرا فى هذه المجالات وأهم هذه المجالات هى :

الكيمياء والطب والجيولوجيا والزراعة ونظم الحاسبات والهندسة والإلكترونيات وإدارة المعلومات والقانون والرياضيات والأرصاد الجوية والشئون العسكرية والفيزياء وتكنولوجيا الفضاء والتحكم فى عمليات الإنتاج والتصنيع.

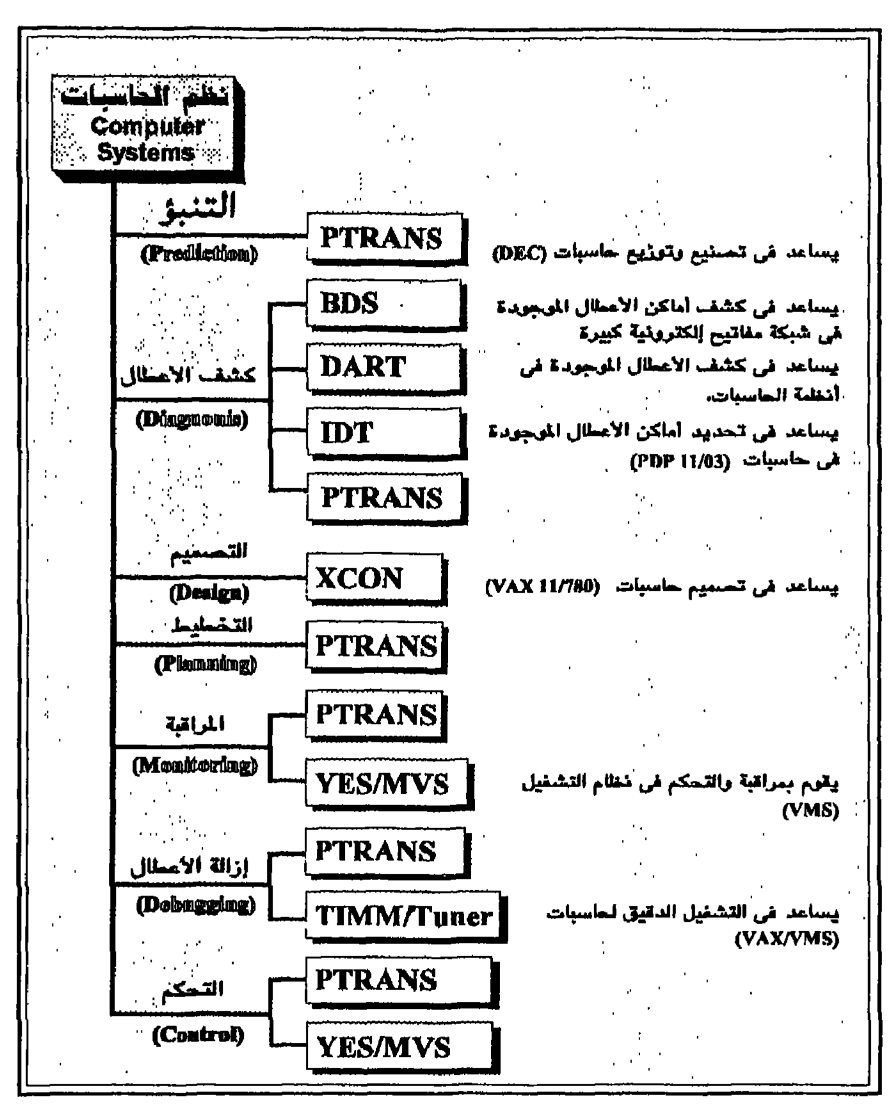
وتوضح الأشكال من شكل (١٠ - ٦) إلى شكل (١٠ - ١٢) أمثلة للنظم الخبيرة المستخدمة فى مجالات التطبيق المختلفة وموضحا بها الأنشطة الأساسية لهذه النظم طبقا لما ورد فى الجزء (١٠ - ٧) من هذا الفصل.


الجيولوجيا
(Geology)
تفسير
(Interpretation)
ELAS
DIPMETER ADVISOR
LITHO
DRILLING ADVISOR
HYDRO
MUD
PROSPECTOR
DRILLING ADVISOR
يساعد الجيولوجيين فى أستخدام برنامج تحليل بيانات الابار (INLAN)
يساعد الجيولوجيين فى تفسير بيانات أجهزة قياس العمق.
يساعد الجيولوجيين فى تحليل البيانات من ابار البترول.
يساعد فى تشخيص وتصحيح مشاكل الحفر مثل إلتصاق آلة الحفر.
يساعد الجيولوجيين فى استخدام برنامج محاكاة إنتاجية المياه (HSPF)

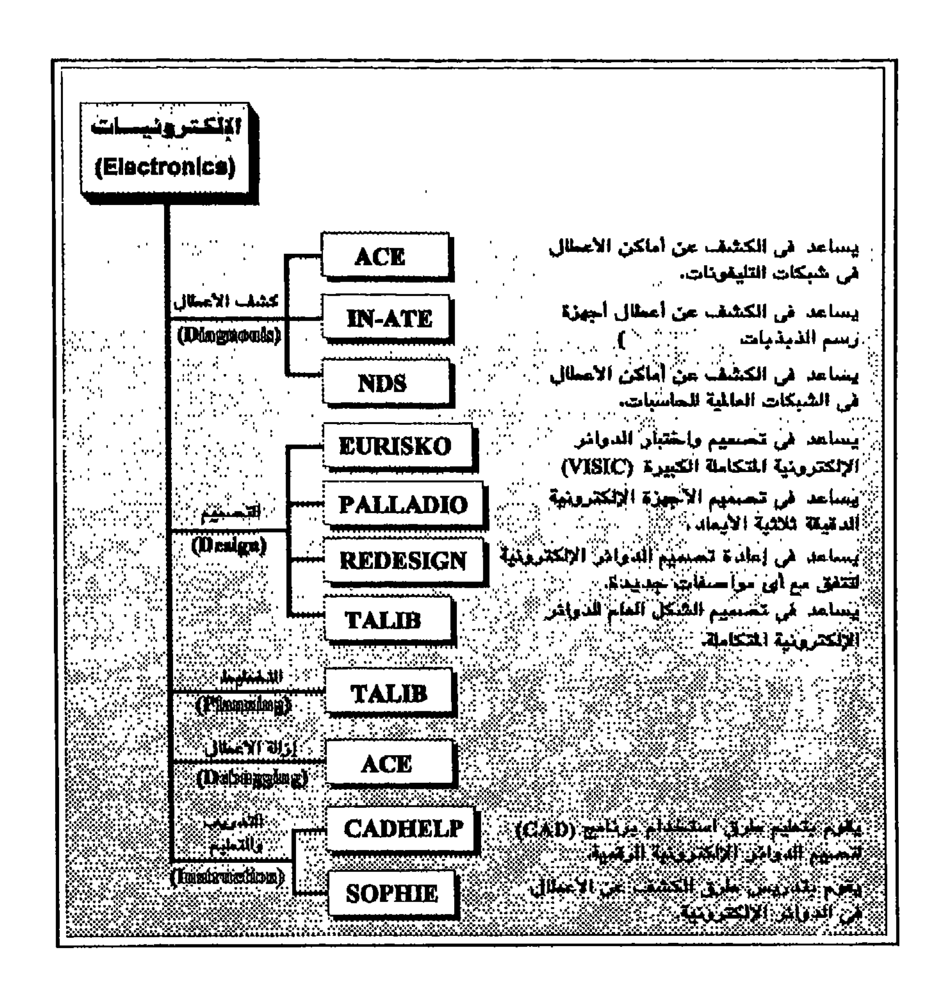
شكل (١٠ - ٧)


الكيمياء
(Chemistry)
تفسير
(Interpretation)
CRYSALIS
يستطيع إستنباط التركيب ثلاثي الأبعاد للبروتينات من بيانات مسح الكثافة الإليكترونية
DENDRAL
يستطيع إستنباط التركيب الجزيئي للمركبات من بيانات جهاز مقياس الكتلة
TQMSTUNE
يقوم بالإدارة الدقيقة لجهاز مقياس الكتلة (TQMS) عن طريق تفسير النبضات الكهربية الناتجة منه.
تصميم وتخطيط
(Design/
Planning)
CLONER
يساعد علماء الكيمياء الحيوية في تخليق مركبات جديدة.
MOLGEN
يساعد علماء الوراثة في التخطيط لبناء تجارب الهندسة الوراثية.
SECS
يساعد العلماء في التخطيط لبناء تجارب عملية معقدة في المركبات العضوية.
SPEX
SYNCHEM2
يستطيع تخليق مركبات عضوية بدون أي مساعدة أو إرشاد من العلماء.
كشف الأعطال وإصلاحها
(Debugging/
Repair)
TQMSTUNE

شكل (١٠ - ٨)

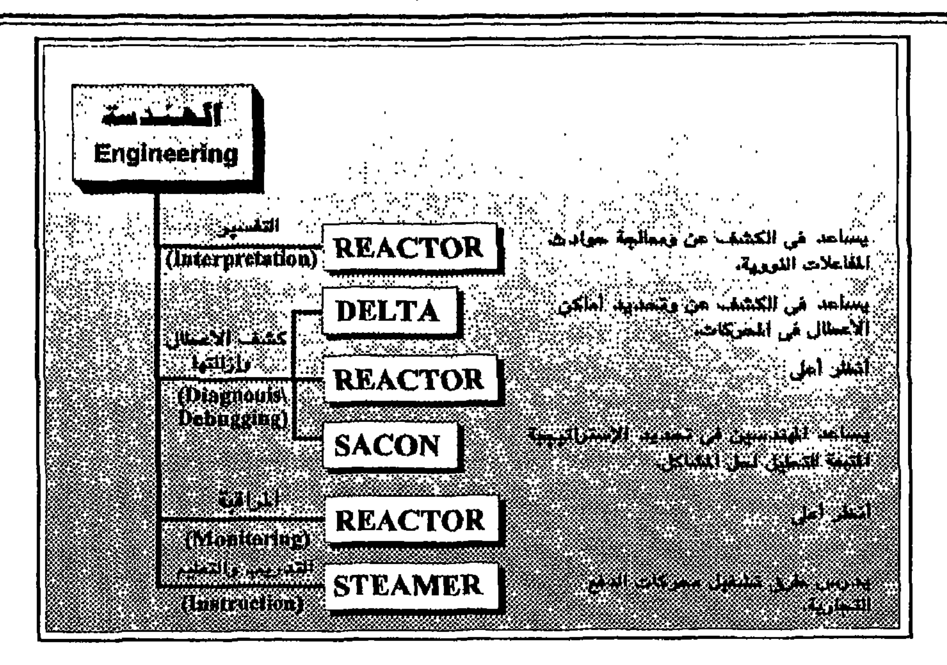

نظم الحاسبات
Computer Systems
التنبؤ
(Prediction)
PTRANS
يساعد فى تصنيع وتوزيع حاسبات (DEC)
BDS
يساعد فى كشف أماكن الأعطال الموجودة فى شبكة مفاتيح إلكترونية كبيرة
كشف الأعطال
(Diagnosis)
DART
يساعد فى كشف الأعطال الموجودة فى أنظمة الحاسبات.
IDT
يساعد فى تحديد أماكن الأعطال الموجودة فى حاسبات (PDP 11/03)
PTRANS
التصميم
(Design)
XCON
يساعد فى تصميم حاسبات (VAX 11/780)
التخطيط
(Planning)
PTRANS
المراقبة
(Monitoring)
PTRANS
YES/MVS
يقوم بمراقبة والتحكم فى نظام التشغيل (VMS)
إزالة الأعطال
(Debugging)
PTRANS
TIMM/Tuner
يساعد فى التشغيل الدقيق لحاسبات (VAX/VMS)
التحكم
(Control)
PTRANS
YES/MVS

شكل (١٠ - ٩)

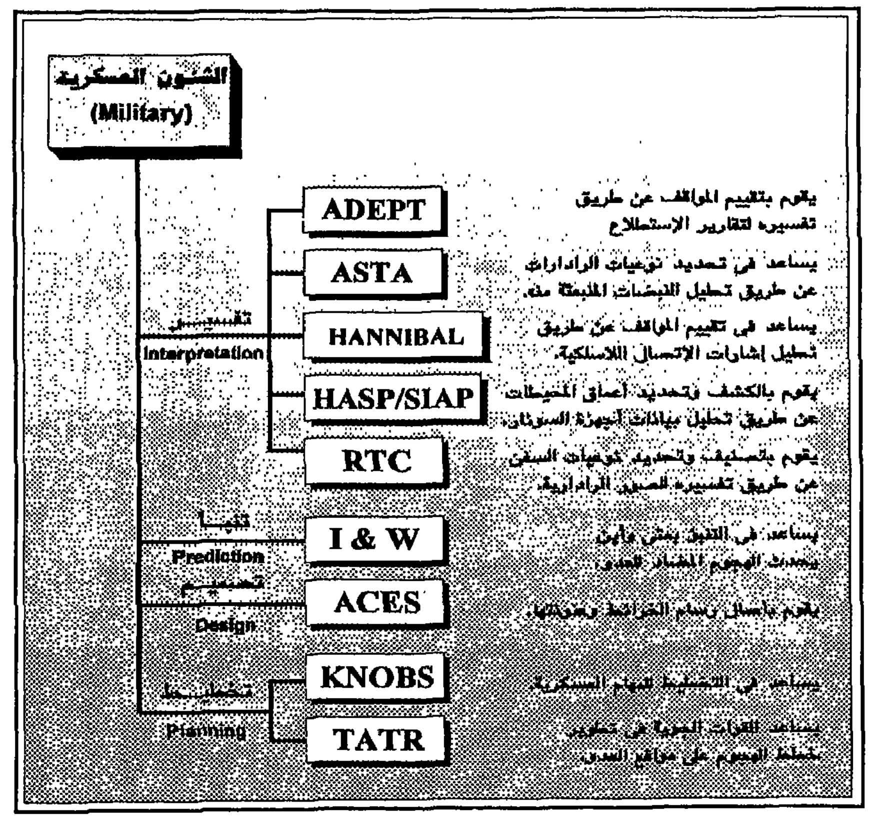


الإلكترونيات
(Electronics)
كشف الأعطال
(Diagnosis)
ACE
IN-ATE
NDS
التصميم
(Design)
EURISKO
PALLADIO
REDESIGN
TALIB
TALIB
ACE
CADHELP
SOPHIE
يساعد فى الكشف عن أماكن الأعطال فى شبكات التليفونات.
يساعد فى الكشف عن أعطال أجهزة رسم الذبذبات ( )
يساعد فى الكشف عن أماكن الأعطال فى الشبكات العالمية الحاسبات.
يساعد فى تصميم واختبار الدوائر الإلكترونية المتكاملة الكبيرة (VISIC)
يساعد فى تصميم الأجهزة الإلكترونية الدقيقة ثلاثية الأبعاد.
يساعد فى إعادة تصميم الدوائر الإلكترونية لتتفق مع أى مواصفات جديدة.
يساعد فى تصميم الشكل العام للدوائر الإلكترونية المتكاملة.
يقوم بتعليم طرق استخدام برنامج (CAD) لتصميم الدوائر الإلكترونية الرقمية
يقوم بتدريس طرق الكشف عن الأعطال فى الدوائر الإلكترونية.

شكل (١٠-١٠)



شكل (١٠-١١)



شكل (١٠-١٢)

١٠ - ٩ مثال لنظام خبير أثناء التشغيل

فيمايلى نظام خبير مبنى على القواعـــــد (Rule - based) يستخـــــدم لتقـديـــم إستشـــارة (Consultation) عـن طريـق نظـام يسمـى (Select Auto) لمساعـدة المسـتخدم فـى إتخـاذ القـرار المناسب لشراء سيارة

١ - يقوم المستخدم بالإجابة عن الأسئلة بكتابة الرقم أمام الإجابة المناسبة

- سئوال عن البلد المصنعة للسيارة

The car is made in
1 Egypt
2 Foreign Countries
3 don't know
1 ⟸ إجابة المستخدم

٢ - سؤال آخر عن الجودة المطلوبة

Quality is
1 the highest concern
2 of high concern
3 of moderate concern
don't know
1 ⟸ إجابة المستخدم

٣ - مع إستمرار الأسئلة يستطيع المستخدم الإستفسار عن أهميـة معرفـة المعلومـات المطلوبـة للحاسـب والسؤال عن أهمية معرفة سعر السيارة

Price of the car is
1 important
2 unimportant
3 don't know
WHY ⟸ سؤال المستخدم

٤ - يقوم الحاسب بعرض القواعد (Rules) التى أحد معاملاتها الثمن (Price) كأحد إمكانيات التفسير التى يتمتع بها النظام الخبير

RULE NUMBER : 5
IF :
(1) Price of a car is important
and
(2) The payment is in installments
THEN :
The monthly payment is determined

٥ - بعد عرض هذه القواعد يستطيع المستخدم الحصول على إجابة لاستفساره ثم يرد بدوره على السؤال المطلوب.

Price of the car is
1 important
2 unimportant
3 don't know
1 ⟸ إجابة المستخدم

٦ - وتستمر الإسئلة ومعها إجابة المستخدم كمايلى

- سؤال عن القسط الشهرى

The monthly payment is no more than
1 100$
2 150$
3 200$
4 250$
5 300$
4 ⟸ إجابة المستخدم

- سؤال عن أهمية المقعد الأمامى

Front Seat is

1 important

2 unimportant

1 ⇐ إجابة المستخدم

- سؤال عن السرعة

Acceleration is

1 strong

2 moderate

3 don't know

2 ⇐ إجابة المستخدم

- سؤال عن سعة المحرك

Engine is

1 between 1000 – 1500 CC

2 between 1501 – 2000 CC

3 over 2000

4 don't know

2 ⇐ إجابة المستخدم

- سؤال عن الاعتمادية

Reliability of a car is

1 of high concern

2 of concern

3 of less concern

4 not sure

4 ⇐ إجابة المستخدم

-سؤال عن أكثر المعاملات أهمية فى اتخاذ قرار الشراء

The most important factor in making a decision to buy a car is

1 Price
2 Fuel economy
3 Comfort and convenience
4 Performance of a car
5 Safety
6 Reliability
7 Quality
8 don't know

1,7 ⟸ إجابة المستخدم

٧- يسمح النظام بالتغيير فى الإختيارات قبل اتخاذ القرار وذلك بعرض الأسئلة والاجابات عليها كالآتى :

1 The car is made in Egypt
2 Quality is the highest concern
3 The price of the car is important
4 The monthly payment is no more than 250$
5 The front seat is important
6 Acceleration is moderate
7 Engine is between 1500 – 2000 CC
8 Reliability is not sure
9 The most important factors are price and quality

حيث يمكن مثلا تغيير إجابة السؤال الأول من سيارة مصنوعة فى مصر إلى سيارة مصنوعة فى دولة أجنبية (Foreign Country).

٨- يقوم النظام الخبير بالتوصية بنوعين من السيارات التى تحقق الإختيارات المحددة فى خطوة (٧) وهى

1 Toyota Corolla
2 Renault Alliance



الفصل الحادى عشر

بناء النظام الخبير

(Building Expert System)



١١ - ١ المكونات الأساسية للنظام الخبير

تتكون معظم النظم الخبيرة من جزئين رئيسين : بيئة التطوير (Development Environment) وبيئة الإستشارات (Consultation Environment) أنظر شكل (١١-١). وتستخدم بيئة التطوير لبناء أجزاء النظام ولتقديم المعرفة لقاعدة المعرفة. أما الإستشارات فيستخدمها غير الخبراء للحصول على معرفة الخبراء ونصيحتهم. والأجزاء الآتية تكون فى مجموعها النظام الخبير:

١ - نظام إكتساب المعرفة الفرعى.
٢ - قاعدة المعرفة.
٣ - آلة الإستدلال.
٤ - ساحة العمل.
٥ - التفاعل مع المستخدم.
٦ - نظام الشرح والتوضيح الفرعى.
٧ - نظام تنقية المعرفة.

وهذه الأجزاء موضحة فى شكل (١١-١) مع العلاقات بينها. وفيمايلى شرح مختصر لكل جزء من أجزاء النظام الخبير.

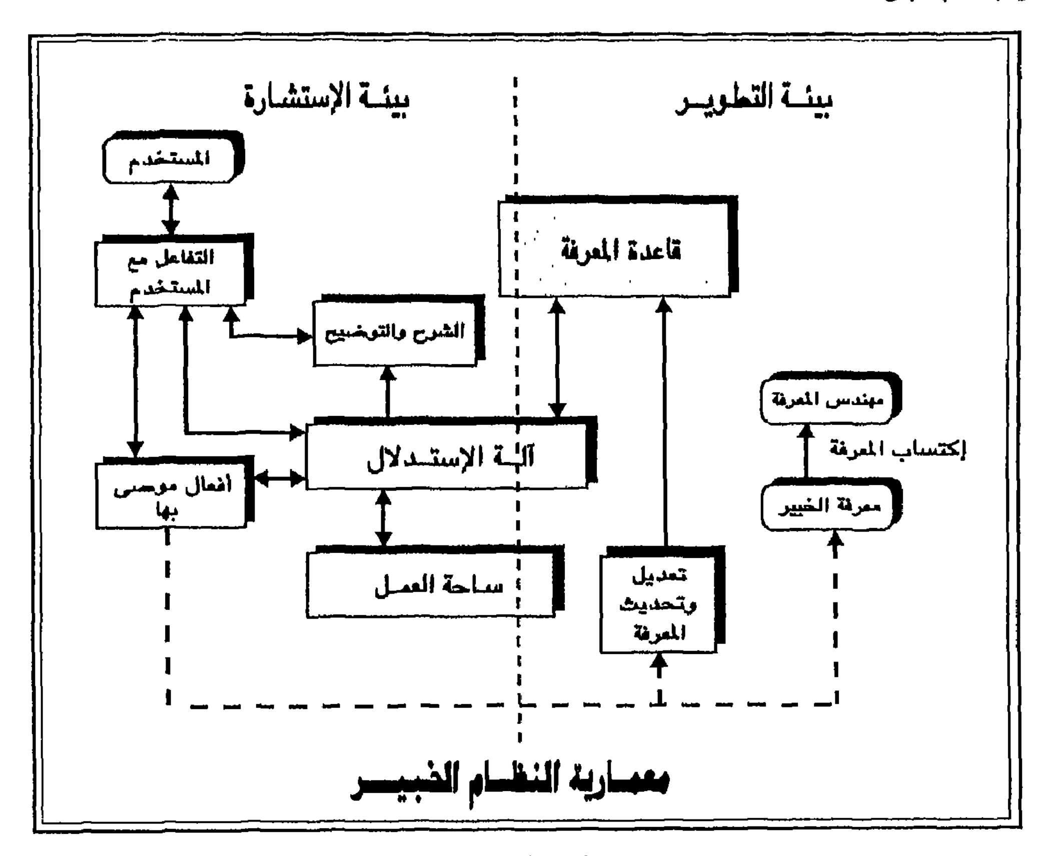
١ -النظام الفرعى لاكتساب المعرفة

إكتساب المعرفة هو إنتقال خبرات حلول المشاكل من أحد مصادر المعرفة إلى برنامج للحاسب لبناء قاعدة المعرفة أو لزيادة نطاقها. ومصادر المعرفة متعددة منها الخبراء ، المراجع ، قواعد البيانات ، تقارير بحثية خاصة ، والصور. وأصعب مصادر المعرفة التى يمكن إكتساب المعرفة منها هم الخبراء وهى مهمة تمثل عنق الزجاجة فى بناء النظام الخبير. ويساعد مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) بتعاونه من الخبراء فى التغلب على كثير من الصعاب المصاحبة لبناء قاعدة المعرفة. وقد تم فيما سبق إستعراض عملية إكتساب المعرفة ومشاكلها بالتفصيل.

٢ - قاعدة المعرفة (Knowledgebase)

تحتوى قاعدة المعرفة على مجموعة المعارف والخبرات اللازمة لحل المشاكل فى المجال المنشأ من أجله النظام الخبير. وتحتوى القاعدة على عنصريين أساسيين : الحقائق (Facts) ، مثل ظروف المشكلة والنظريات المرتبطة بها ، والقواعد (Rules) وهى عبارة عن خطوط مرشدة لحل مشاكل معينة مرتبطة بمجال ما وتعتمد على الحدس (Heuristic) فى استخدامها. هذه القواعد تختلف عن

القواعد الخاصة بصناغة القرار (Decision - Making) والقواعد الخاصة بحل المشاكل القياسية (Standard Problem - Solving) والموجودة فى آلة الإستدلال. وتحتوى قاعدة المعرفة عادة على الخطط العامة (Global Strategies) والتى يمكن أن تكون حدسية (Heuristics) أو نظريات مرتبطة بمجال المشكلة.



شكل (١١-١)

٣ - آلة الإستدلال (Inference Engine)

آلة الإستدلال هى العقل المفكر (Brain) للنظام الخبير وتعرف أيضا بالبناء الحاكم (Control Structure). وهذه الآلة هى فى الواقع برنامج للحاسب يقوم بالتخطيط لمنهجيات (Methodologies) وأساليب الإستنتاج المنطقى للمعلومات الموجودة فى قاعدة المعرفة وساحة العمل (Workspace) للوصول إلى الإستنتاجات المطلوبة والتى تساهم فى حل المشكلة تحت الدراسة واستنباط المسببات التى تؤدى إلى هذا الحل.

وهذه الآلة لها ثلاثة عناصر رئيسية هى المفسر (Interpreter) والمخطط الزمنى (Scheduler) ومحسن التوافق (Consistency Enforcer) ويقوم المفسر بحساب العنصر المطلوب

وفقا للقواعد الحاكمة له. على سبيل المثال عند تقديم الإستشارة للمستخدم لشراء سيارة جديدة (راجع المثال فى الجزء ٩-٩) ، نجد النظام الخبير يستفسر عن ثمن السيارة :

Price of the car is

1 Important

2 Unimportant

3 don't know

وبناء على إجابة المستخدم يقوم المفسر بحساب القواعد الحاكمة فإذا اختار المستخدم رقم (١) للإشارة إلى أن سعر السيارة هام بالنسبة له نجد أن المفسر يقوم بحساب القاعدة الآتية :

RULE NUMBER 5 :
IF
(1) Price of a car is important
and
(2) The payment is in installments
THEN
The monthly payment is determined

أما المخطط الزمنى فيتحكم فى ترتيب تنفيذ عناصر المهمة ويقوم بتقدير تأثير إستخدام قواعد الإستدلال (Inference Rules) فى ضوء ترتيب العناصر. وفى المثال السابق شرحه والخاص بتقديم الإستشارة لمستخدم لشراء سيارة (جزء ٩-٩) يقوم المخطط بالتحكم فى ترتيب تقديم الأسئلة بدءا من بلد التصنيع وانتهاء بأهم العوامل التى تحكم عملية الشراء وبالترتيب ويقوم المخطط بحساب تأثير كل قاعدة إستدلال استخدمت تبعا لكل إجابة. وأخيرا يستخدم محسن التوافق للحفاظ على توافق الحل مع العناصر المكونة له. فمثلا يقوم محسن التوافق بالتأكد من أن السيارة تيوتا كاختيار أول تحقق كل متطلبات المستخدم.

ويجدر الإشارة إلى أنه يمكن تصميم آلة إستدلال عامة الأغراض تستخدم مع أكثر من قاعدة معرفة فى مجالات متعددة لإنشاء نظم خبيرة فى هذه المجالات.

٤ - ساحة العمل (Workplace or Blackboard)

هى مساحة من الذاكرة المستخدمة (Working Memory) تستخدم فى توصيف المشكلة كما تستخدم للإحتفاظ بسجل كامل عن النتائج المستنتجة غير النهائية (Intermediate Results).

وتسجل هذه الذاكرة الفرضيات المستخدمة والقرارات المرحلية التى تؤدى فى مجموعها إلى القرار النهائى. ويمكن تقسيم هذه القرارات إلى قرار عن كيفية التعامل مع المشكلة ، قرار تقسيم عناصر المشكلة وترتيبها والمخطط الزمنى (Agenda) ، وأخيرا قرار الحل (Solution) بمعنى تحديد الفرضيات والخطوات الفعالة للوصول إلى الحل. وتوجد مساحة العمل (Blackboard) فى بعض النظم الخبيرة وهى من الطرق شائعة الإستخدام خاصة فى الحالات التى يشترك فى حلها العديد من الخبراء.

وعلى سبيل المثال فى حالة تعطل سيارتك تقوم بإدخال ظروف التشغيل التى كانت عليها السيارة عند حدوث العطل (Symptoms) للحاسب والذى يقوم بتخزينها فى ساحة العمل. وبناء على الفرضيات المستنتجة داخل الساحة يقوم الحاسب باقتراح بعض الإختبارات الإضافية ، مثل إختبار وصلات البطارية ، ويطلب إدخال نتائج الاختبارات إلى ساحة العمل لتسجيلها لحين إستخدامها بواسطة آلة الإستدلال.

٥ - وحدة التفاعل مع المستخدم (User Interface)

تحتوى نظم الخبرة على معالج للغات (Language Processor) يتم بواسطته الإتصال بين الإنسان والحاسب فى صورة حوار بلغة التخاطب العادية للمستخدم.

٦ - النظام الفرعى للشرح والتوضيح (Explanation Subsystem)

يقوم النظام الخبير بواسطته بتفسير كيفية وصوله إلى النتائج والحلول والتوصيات الخاصة بالمشكلة المعروضة عليه ، وهى إحدى الخصائص الهامة للنظام الخبير والتى تجعله يحاكى إلى حد كبير سلوك الخبير البشرى.

٧ - نظام تنقية المعرفة (Knowledge Refining System)

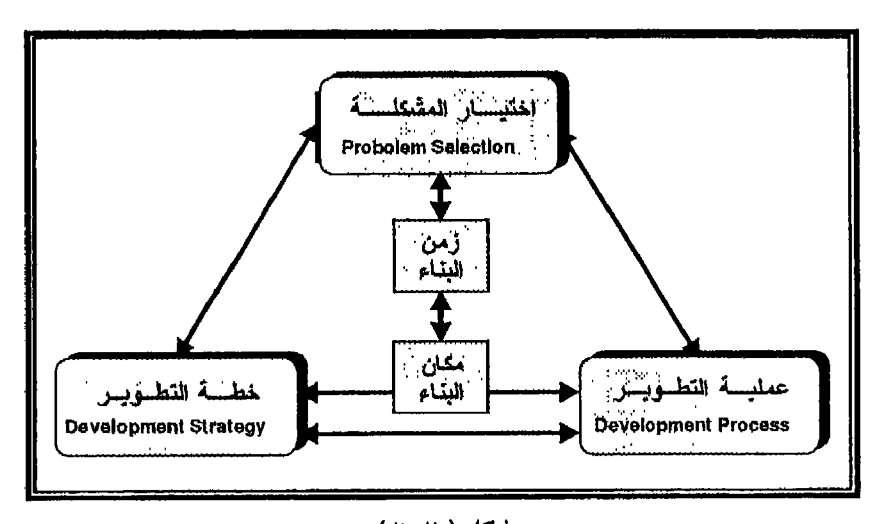
نظام تنقية المعرفة من النظم التى تخص الخبير البشرى فهو قادر على تحليل أدائه والتعلم من ذلك وتحسين هذا الأداء مستقبليا. ونظام تنقية المعرفة بواسطة الحاسب يقوم على محاكاة أداء الخبير ، فهو يحلل أسباب النجاح والفشل لتحسين قاعدة المعرفة وتحديد الطرق المؤثرة للإستنتاج المنطقى وصولا للحلول المثلى. وهذا النظام غير موجود فى النظم التجارية فى الوقت الحاضر ولكنه موجود فى النظم الخبيرة فى الجامعات وأكاديميات البحث العلمى.

١١ - ٢ مراحل بناء النظام الخبير

عملية بناء تطبيق للذكاء الإصطناعى، مثل الإنسان الآلى أو معالجة اللغات الحية أو التعرف على الأصوات، تشبه عملية بناء نظام خبير صغير. هذا التشابه يكمن فى محاولة إيجاد إجابة على الأسئلة الآتية :

١- ماهو التطبيق المراد بناؤه ؟ أى اختيار المشكلة (Problem Selection).
٢- من هو المسئول عن عملية البناء ؟ أى خطة التطوير (Development Strategy).
٣- ماهى طريقة بناء التطبيق المطلوب ؟ عملية التطوير (Development Process).

وذلك بالإضافة إلى العديد من الأسئلة مثل متى تبدأ عملية البناء ؟، وأين تتم عملية البناء ؟ و ... الخ. والإجابات على هذه الأسئلة تكون متداخلة (Interrelated)، كذلك فإن كل إجابة تؤثر وتتأثر بالإجابة الأخرى مما يعطى إنطباعا أوليا عن مدى الصعوبة المتوقعة والجهد اللازم والتخطيط الدقيق المطلوب لعملية البناء. أنظر شكل (١١ - ٢).



شكل (١١ - ٢)

وسوف نركز فى هذا الفصل على النظم الخبيرة وسنقدم إطار عمل عام لعملية البناء. وكما هو معروف أن النظام الخبير (ES) هو برنامج يتم تشغيله على الحاسب ويخضع فى عملية تطويره للقواعد المتبعة فى عملية تطوير البرمجيات (Software Development). وهذه القواعد تهدف إلى زيادة العمر الإفتراضى للبرمجيات وذلك بزيادة قدرتها على استيعاب عمليات التحديث لمواءمة التطورات الجديدة والمعارف الحديثة فى نطاق التطبيق. كذلك تهتم هذه القواعد بالإحتفاظ بالحد الأدنى للتكلفة عند قيمة منخفضة. وتحقيق هذه الأهداف يكون باتباع تسلسل معين ومحدد للمهام

اللازمة لعملية التطوير وضمان إستقرار كل مرحلة من مراحل التطوير قبل الإنتقال إلى مرحلة أخرى. كذلك توفير قدر كبير من المرونة لعملية الإنتقال واستخدام طريقة التغذية بالراجع (Feedback) لضمان العودة إلى أى مرحلة من المراحل الأخرى عند الحاجة إلى ذلك.

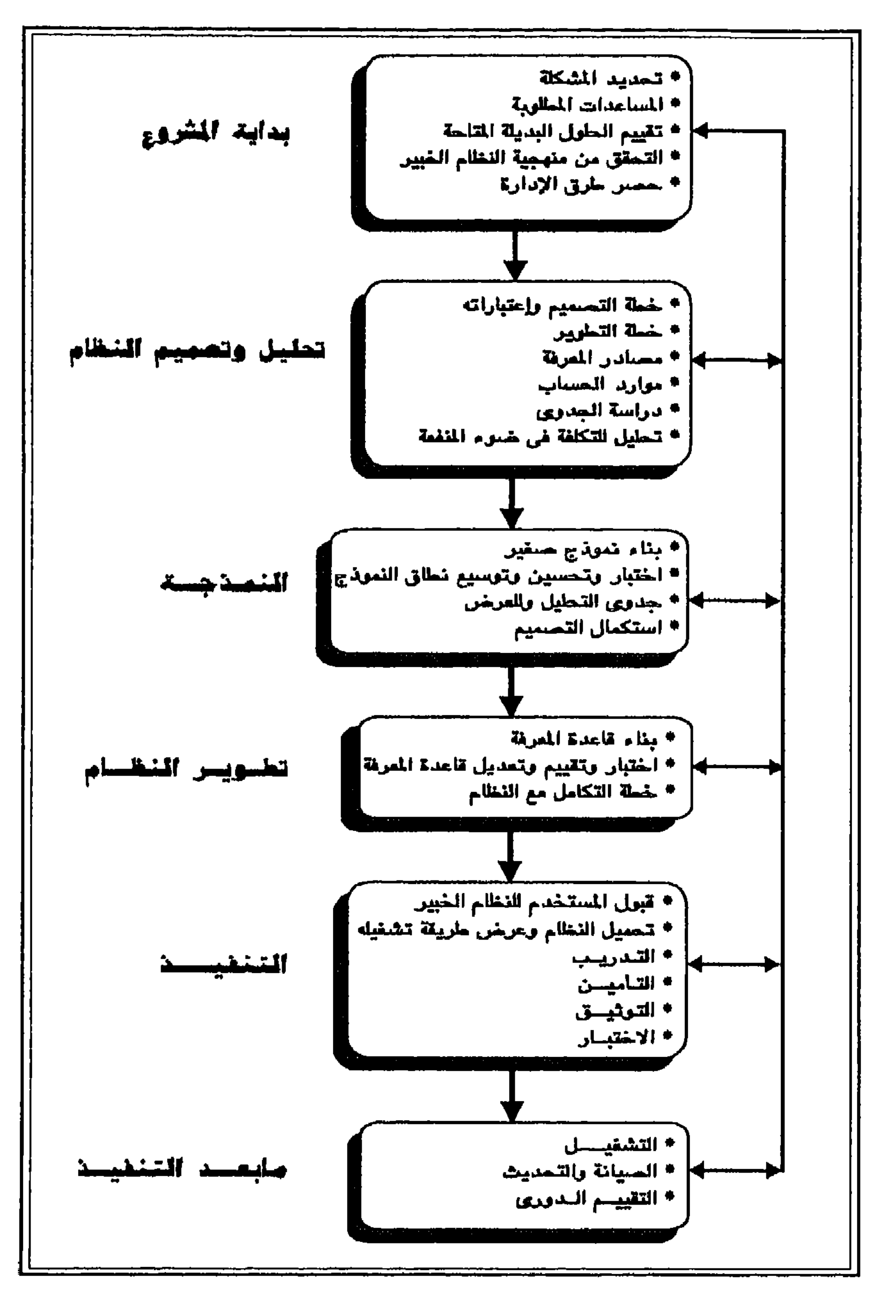
ويمكن إجمال مراحل بناء أى نظام خبير فى ستة مراحل أساسية وهى كالآتى : بدء المشروع (Project Initialization) وتحليل وتصميم النظام (System Analysis and Design) والنمذجة (Prototyping) وتطوير النظام (System Development) والتنفيذ(Implementation) ومابعد التنفيذ (Post implementation) وهذه المراحل موضحة فى شكل (١١ - ٣) وسيتم شرحها ومايتبعها من مهام فى الجزء التالى.

١١ - ٣ المرحلة الأولى : بداية المشروع

عند اختيار أحد المشروعات لبناء نظام خبير له تظهر عشرات المتغيرات المتداخلة والتى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار أثناء عملية الإختيار. ولتجنب إحتمالات الفشل قدم الخبراء منهجيات تطوير وقوائم اختبار (Checklists) لتحديد المهام التى يجب إنجازها فى هذه المرحلة. ومن هذه المهام الآتى :

١ - تحديد المشكلة (نوعها وهدفها والسمات الأساسية لها).
٢ - تحديد المساعدات المطلوبة أثناء حل المشكلة مثل المواد والوسائل.
٣ - تقييم الحلول البديلة (Alternative Solutions) بمافيها توفير الخبراء والبرمجيات ووسائل التعلم والتدريب والمعارف المجمعة.
٤ - التحقق من النظام الخبير بمعنى تحديد الأهداف والأغرض المطلوبة من بناء النظام الخبير والتحقق من ملاءمة هذا النظام لحل المشكلة.
٥ - الأخذ فى الإعتبار بعض المسائل الإدارية مثل الشخص المسئول عن بدء المشروع ، الموارد المالية ، القيود القانونية أو غيرها ، تسويق المشروع وتحديد مدير المشروع.
٦ - إقرار المشروع.

ومن جميع هذه الأنشطة يبرز تحديد المشكلة ومجالها كأصعب نشاط يمكن أن يواجهه القائمون ببناء النظام. ويرجع ذلك إلى كبر حجم المشاكل فى البداية واتساع مجالها ممايستلزم قيامهم بتقليص حجم المشكلة لتكون مناسبة للتطبيق باستخدام النظم الخبيرة.


بداية المشروع
* تحديد المشكلة
* المساعدات المطلوبة
* تقييم الحلول البديلة المتاحة
* التحقق من منهجية النظام الخبير
* حصر طرق الإدارة
تحليل وتصميم النظام
* خطة التصميم واعتباراته
* خطة التطوير
* مصادر المعرفة
* موارد الحساب
* دراسة الجدوى
* تحليل التكلفة فى ضوء المنفعة
النمذجة
* بناء نموذج صغير
* اختبار وتحسين وتوسيع نطاق النموذج
* جدوى التحليل والعرض
* استكمال التصميم
تطوير النظام
* بناء قاعدة المعرفة
* اختبار وتقييم وتعديل قاعدة المعرفة
* خطة التكامل مع النظام
التنفيذ
* قبول المستخدم للنظام الخبير
* تحميل النظام وعرض طريقة تشغيله
* التدريب
* التامين
* التوثيق
* الاختبار
مابعد التنفيذ
* التشغيل
* الصيانة والتحديث
* التقييم الدورى

شكل (١١-٣)

١١ - ٣ - ١ تحديد المشكلة وتقديم المساعدات المطلوبة

تحديد المشكلة هو بمثابة حجر الزاوية فى عملية بناء النظام الخبير لأنه ينعكس على بقية مراحل البناء بالسلب أو بالإيجاب. وتحديد المشكلة يكون ببساطة عن طريق الإجابة على بعض الأسئلة الأساسية مثل ماهى المشكلة ؟ ... ماهى المتطلبات الحقيقية لحلها ؟ ويجب التعبير عن المشكلة وتعريفها بوضوح مع جمع أكبر قدر من المعلومات حول هذه المشكلة لأن المعلومات بمثابة قلب أى مشكلة وهى الوسيلة الوحيدة لإيجاد حلول للمشاكل باستخدام النظم الخبيرة. ومعظم النظم الخبيرة تستخدم لتحسين الأداء فى وظيفة معينة. على سبيل المثال عامل لايستطيع انجاز كم معين من العمل بجودة عالية فى إطار الوقت اللازم والتكلفة المحددة. وهذه النوعية من المشاكل لاتتوافر فيها المعرفة المطلوبة وأفضل طريقة لفهم المشكلة هى إجراء دراسة بأسلوب منهجى إصطلاحى (Formal Way) يسمى تقديم المساعدات (Needs Assessment). وهذه الدراسة تكون فى صورة أسئلة مثل : مامدى معرفة العامل لطبيعة المهمة المكلف بها ؟ .. ماهى خلفيته العلمية ؟ ... هل إلتحق بدورات تدريبية فى مجال العمل المكلف به ؟ ... ماهى خبرته العملية ؟ وماهى المدة التى اكتسب فيها هذه الخبرة ؟ وقد يتضح من نتائج هذه الدراسة أن معظم المشاكل ليست فى الواقع بسبب قصور فى أداء العامل ولكن قد يكون هناك بعض العوامل المتداخلة تؤدى إلى هذا القصور. وهذه النتائج تعتبر معلومات خلفية (Background Information) حول المشكلة وهى تساعد إلى حد كبير فى اختيار البرنامج المستخدم لحل المشكلة.

١١ - ٣ - ٢ تقييم الحلول البديلة

قبل بداية المشروع الرئيسى لبناء النظام الخبير يجب تقييم الحلول البديلة لحل المشكلة. وفيمايلى بعض الأمثلة :

١ - توفير الخبراء

إذا كانت المشكلة من النوع الذى يعتمد فى حله على المعرفة فلابد من توفير الخبراء المختصين للإستفادة من خبرتهم وذلك عن طريق الإستشارة أو التعيين كحل بديل عن استخدام النظام الخبير.

٢ - التعليم والتدريب

من المعروف أن الإنسان يكتسب معارفه عن طريق الدراسة والتجربة العملية والخبرة. لذلك فإن أحد الحلول البديلة للمشاكل التى تعانى من نقص المعرفة هو إتاحة الفرصة لبعض الأفراد لمزيد من التعليم والتدريب فى الجزئية التى لايتوافر حولها معرفة كافية أو تعانى من نقص كلى فى المعرفة وذلك عن طريق مجموعة من المحاضرات والفصول التعليمية أو عن طريق الخبراء. وتعتبر منهجية التعليم والتدريب من الحلول الممتازة طويلة الأجل ولكنها تفشل كحل بديل للنظام الخبير إذا كان عدد الأفراد المطلوب تدريبهم وتعليمهم كبيرا لارتفاع التكلفة اللازمة بالإضافة إلى الوقت المطلوب.

٣ - المعرفة المجمعة (Packaged Knowledge)

المعرفة المجمعة والموثقة كتابيا أو إلكترونيا تعتبر من البدائل المطروحة بدلا من استعمال النظام الخبير. ويستطيع الخبير تحضير أو المساعدة فى تحضير مرجع يضم كل الحقائق والإجراءات والمعارف اللازمة لإنجاز مهمة معينة للرجوع إليها عند الحاجة. وهذا البديل مع أنه يحتاج إلى وقت لإعداد المرجع إلا أنه أقل تكلفة من النظام الخبير وأسهل وأسرع عند استخدامه.

٤ - البرمجيات القياسية (Standard Software)

بعد تحديد المشكلة بطريقة صحيحة يمكن إختبار مدى ملاءمة حزم البرامج (Software Packages) المتاحة مثل الجداول الإلكترونية أو نظم إدارة قواعد البيانات للمساعدة فى حل المشكلة. وهذه الطريقة يمكن أن تكون أبسط وأسرع من بناء النظام الخبير. وفى النهاية وبعد استعراض كل الحلول البديلة والمتاحة، يتم البدء فى بناء النظام الخبير إذا كان هو أنسب الحلول وأفضلها.

١١ - ٣ - ٣ التحقق من النظام الخبير كحل أمثل

قبل الشروع فى بناء النظام الخبير يجب التحقق من أن النظام الخبير قادر على الوفاء بمتطلبات حل المشكلة. وقد طرح ووترمان (Waterman) إطار عمل لاختبار النظام الخبير عبارة عن دراسة من ثلاثة أجزاء وهى المتطلبات (Requirements) التبرير (Justification) والملاءمة (Appropriateness). وسنعرض فيمايلى نبذة مختصرة عن هذه الأجزاء بالإضافة إلى نموذج لقوائم الاختبار للتحقق من تحقيق النظام الخبير لنتائج هذه الدراسة.

١ - متى يكون بناء النظام مطلوبا ؟

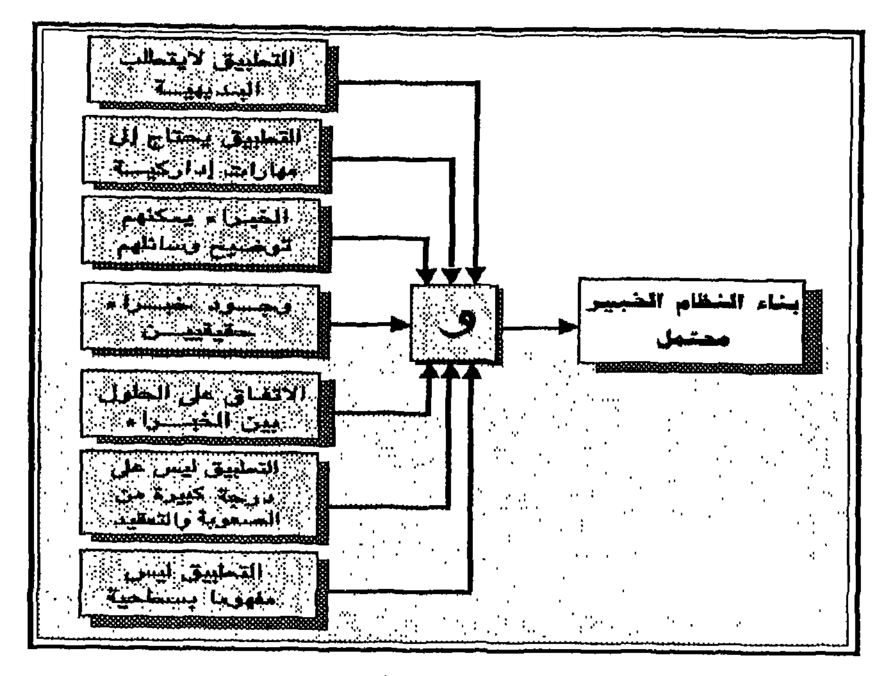
بالطبع ليست أى مشكلة قابلة للحل باستخدام النظم الخبيرة. ولذلك فتحديد ماإذا كانت المشكلة المعروضة تعتبر مناسبة لاستخدام النظام الخبير فى حلها يعتبر من الأمور الهامة والحيوية والتى يلزم تحديدها قبل تقرير بناء نظام خبير من عدمه وذلك توفيرا للجهد والوقت والمال. لذلك من الضرورى توفر الخصائص الآتية فى المشكلة ضمانا لنجاح عملية البناء :

- ❑ من أهم الخصائص أن تكون المهمة المطلوبة من النوع الذى يحتاج مهارات إدراكية (Cognitive Skills) وليست مهارات يدوية(Physical Skills) يمكن إكتسابها خلال الممارسة الفعلية.
- ❑ وجود خبراء حقيقين فى المجال لهم خبرات عالية ورفيعة المستوى للإعتماد على خبرتهم كمصادر قوية وشاملة للمعرفة يمكن الإعتماد عليها فى بناء قاعدة المعرفة (Knowledge Base).
- ❑ يجب أن يكون لدى خبراء المجال القدرة على بيان أو إيضاح أو شرح الوسائل والأساليب التى يقومون باستخدامها للوصول إلى حل المشكلة.
- ❑ يستطيع الخبراء اختيار طريقة واحدة من الطرق المقترحة للحل أو دمج بعض الطرق للوصول إلى طريقة مثلى لحل المشكلة.
- ❑ ألا يكون التطبيق على درجة كبيرة من الصعوبة والتعقيد وكذلك ليس سطحيا.
- ❑ التحديد الواضح والفهم الجيد للمشكلة.
- ❑ عدم اللجوء إلى استخدام الخوارزميات المنطقية التقليدية(Conventional Algorithms) عند بناء البرنامج الخاص بالنظام الخبير لعدم قدرتها على تحقيق المتطلبات الخاصة بالنظام.
- ❑ إمكانية تعديل النتائج الخاطئة أو غير المرضية.
- ❑ سهولة الحصول على البيانات ونتائج الحالات المختبرة (Test Cases).

انظر شكل (١١ - ٤)

٢ - مبررات بناء النظام الخبير

النظام الخبير شأنه شأن أى نظام معلومات يجب أن تتوافر المبررات الكافية لبنائه. ولذلك فهناك معايير تبرر بناء النظام الخبير وإثبات أهليته وفائدته فى التطبيق المطلوب استخدامه فيه. من هذه المبررات مايلى:



شكل (١١ - ٤)

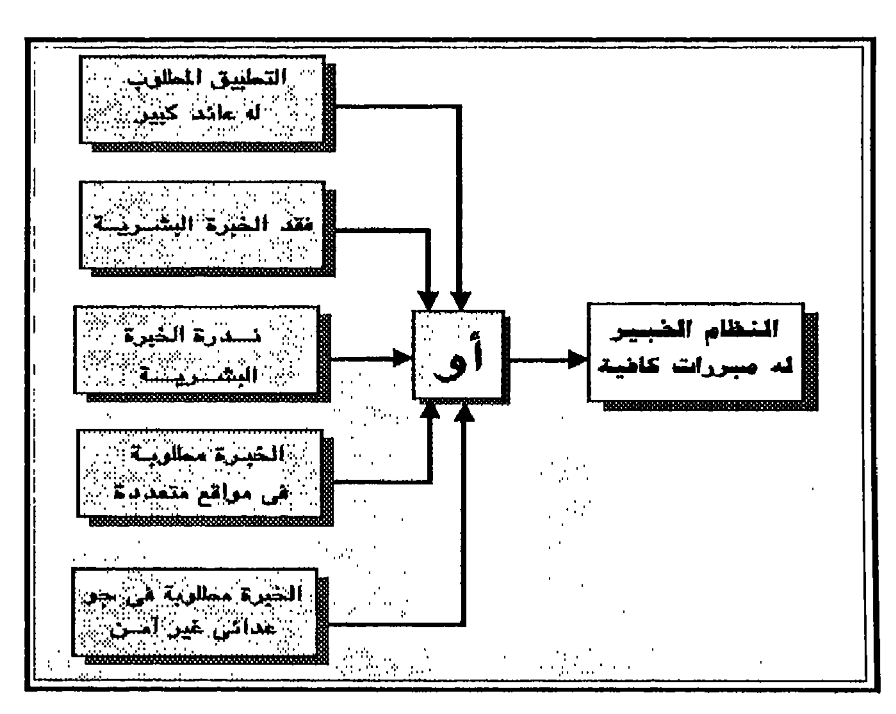
- ☐ توقع عائد مجزى من بناء النظام الخبير فمثلا بنـاء نظام خبير فـى الكشف عـن البترول والـذى يمكن أن يؤدى إلى مخزون كبير من البترول يساوى ملايين الجنيهات يعتبر نظامـا خبيرا لـه عـائد كبير يبرر عملية بنائه.
- ☐ الإحتفاظ بالخبرة البشرية فـى مجالات محـددة وصيانتها مـن الضيـاع نتيجـة تسـرب الخـبراء المتميزين فى هذه المجالات بسبب التقاعد أو الإنتقال إلى وظائف أخرى أو الوفاة.
- ☐ ندرة الخبراء فى مجال ما أو أن الخبرة المطلوبة فـى أمـاكن كثيرة ومتفرقـة ويصعـب تجميعها فـى مكان محدد.
- ☐ استخدام النظام الخبير فى عمليات التدريب.
- ☐ سرعة إتخاذ القرار وخاصة فى الأجواء غير العادية مثل محطة طاقة ذرية أو محطة فضاء.
- ☐ الحاجة إلى دقة كبيرة لايمكن تحقيقها بالإمكانيات البشرية.

انظر شكل (١١ - ٥)

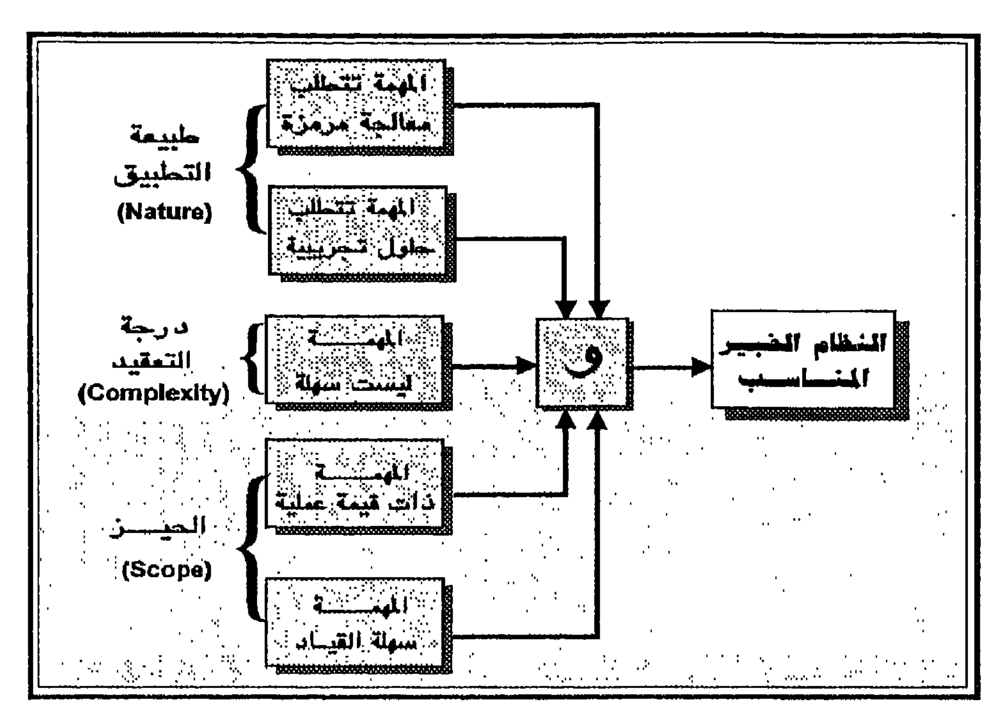
٣ - ملاءمة النظام الخبير (Appropriateness)

هناك خصائص أساسية تجعل من استخدام النظام الخبير وسيلة مناسبة لحل المشكلة المعروضـة أو التطبيق المطلوب أنظر شكل (١١ - ٦). ومن هذه الخصائص الآتى :

- طبيعة التطبيق : إحدى السمات الرئيسية التى تميز النظم الخبيرة عن البرامج التقليدية هى قدرتها على المعالجة المرمزة (Symbolic Manipulation) والإستدلال المنطقى. لذلك يجب أن يكون التطبيق المطلوب فى حاجة إلى حلول تجريدية وخلاصة تجارب وخبرات طويلة يتم التعبير عنها بأسلوب يحتاج المعالجة المرمزة.
- درجة التعقيد : يجب أن تكون المشكلة المطلوب بناء نظام خبير لحلها ليست سهلة وانما تتعرض لمجال تطبيق يحتاج من العنصر البشرى سنوات طويلة من الدراسة والخبرة العملية حتى يمكن الوصول إلى مرتبة الخبير فى ذلك المجال.
- حيز المشكلة (Scope) : والمقصود به أن تكون المهمة المطلوب لها النظام الخبير ذات حجم مناسب وذات حدود واضحة. وتحديد الحيز المناسب للمهمة أو المشكلة المطلوب حلها يعتبر أحد عناصر النجاح الهامة لبناء النظام الخبير. ومن أشد الأخطار فى بناء النظام الخبير هو اختيار حيز المشكلة واسعا جدا أو يتصف بالعمومية ولذلك فتحديد حيز المشكلة وحصرها فى نطاق ضيق يسهل إلى حد كبير بناء النظام الخبير. ويوضح شكل (١١ - ٧) طرقا عديدة لتقليل الحيز المطلوب لنظام خبير يستخدم فى تسوية القضايا القانونية.



شكل (١١ - ٥)



شكل (١١-٦)

٤- قوائم الإختبار (Checklists)

كماسبق الإيضاح ، هناك صعوبة كبيرة فى تحديد ماإذا كان التطبيق المطلوب بناء النظام الخبير له يناسب مجالات تطبيق النظم الخبيرة. وقد قدم المهتمون والباحثون فى مجال النظم الخبيرة العديد من قوائم الإختبار للمساعدة فى اختيار أنسب التطبيقات التى يصلح لها بناء نظام خبير وفيمايلى مثال لقائمة اختبار :

❑ هل الإجابة على المشاكل أو أخذ قرار يتم بطريقة عشوائية ؟
- نعم
- لا

❑ مامدى الدقة المطلوبة ؟
- دقة كاملة بمعنى إجابات بلا أخطاء كل الوقت.
- الدقة مهمة ولكن يمكن قبول بعض الأخطاء فى الإجابات الأولية.

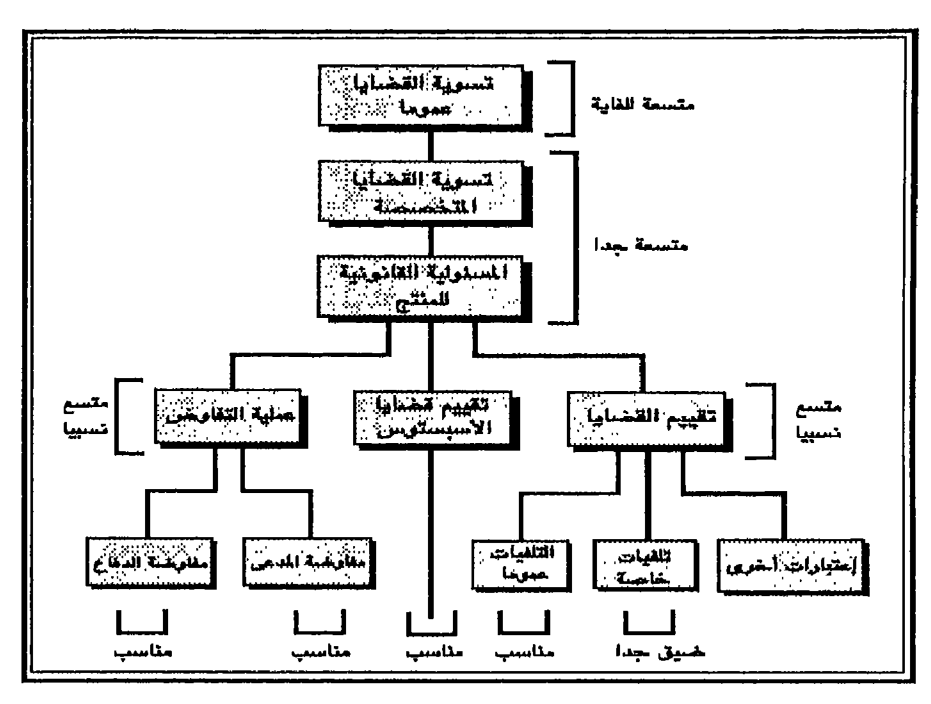
❑ هل الأمثلة التى تصف المشكلة كاملة ؟

- كاملة مائة بالمائة
- كاملة تقريبا
- تغطى بعض الإحتمالات الوارد حدوثها

☐ مامدى قدرة المستخدم للنظام على إكتشاف الإجابات الخاطئة ؟

- المستخدم قادر على اكتشاف الأخطاء
- المستخدم غير قادر على اكتشاف الأخطاء

وذلك بالإضافة إلى العديد من الأسئلة التى تعطى الإجابة عليها تصورا كاملا لمدى حاجة المهمة المطلوبة لبناء نظام خبير.

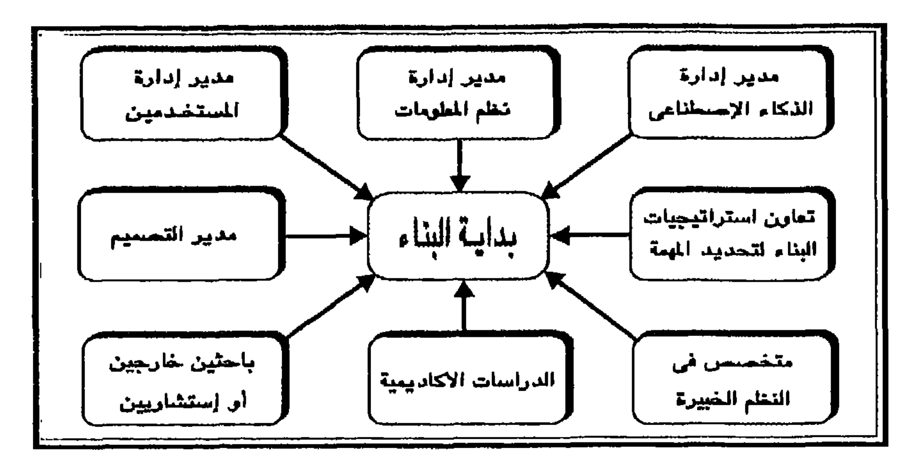


شكل (١١ - ٧)

١١ - ٣ - ٤ بعض الإعتبارات الإدارية

هناك بعض الإعتبارات الإدارية التى يجب أخذها فى الحسبان عند الشروع فى بناء النظام الخبير منها توفر التمويل اللازم لعملية البناء والموارد المادية والبشرية بالإضافة إلى القيود القانونية

أو أى قيود يمكن أن تعجل بقبول المشروع وأخيرا تحديد المدير المسئول عن المشروع. انظر شكل (١١-٨)



شكل (١١-٨)

١١ - ٤ المرحلة الثانية : تحليل وتصميم النظام

بمجرد الموافقة على بناء النظام الخبير يجب إجراء عملية تحليل تفصيلى للنظام للوصول إلى الصورة التى سيكون عليها. ويستلزم لذلك إجراء العديد من المهام للوصول إلى نموذج مبدئى(Initial Prototype) يكون بمثابة نواة للنموذج الميدانى(Field Prototype) ويمكن حصر هذه المهام فى الآتى :

١ - التصميم العام للنظام.

٢ - إختيار إستراتيجيات التطوير.

٣ - إختيار مصادر المعلومات.

٤ - إختيار الموارد الحاسبية.

٥ - إجراء دراسة الجدوى.

٦ - حساب التكلفة فى ضوء الفوائد المتوقعة.

٧ - إعتماد الخطة الكلية لمشروع البناء.

وفيمايلى شرح موجز للمهام السابقة.

١١ - ٤ - ١ التصميم المفهومى للنظام (Conceptual Design)

التصميم العام للنظام يشبه إلى حد كبير رسم تخطيطى معمارى(Architectural Sketch) لمنزل. فهو يعطيك إنطباعا عاما وفكرة شاملة مبدئية عن الشكل المأمول للنظام وعن كيفية حل المشكلة. ويعكس هذا التصميم القدرات العامة للنظام وكيفية الإتصال مع نظم معلومات أخرى مبنية على الحاسب (Computer - Based - Information Systems) وحجم المخاطرة عند بناء النظام والموارد المطلوبة وكيفية الربط بين المشاركين فى البناء وتصنيف هؤلاء المشاركين بالإضافة إلى أى معلومات أخرى قد تخدم عملية التصميم الشاملة مستقبلا. ويلعب الإستشاريون والمصممون بخبرتهم دورا حيويا فى هذه المرحلة حيث يقوم فريق التصميم بوضع التصورات المبدئية للنظام الجديد. وبمجرد الإنتهاء من هذا التصميم العام والمبدئى للنظام يجب تحديد من هو المسئول عن تنفيذ المشروع.

١١ - ٤ - ٢ إستراتيجية تطوير النظام الخبير

هناك العديد من الإستراتيجيات العامة لتطوير النظم الخبيرة حددها فيدر وتوربان (Vedder and Turban) يمكن استخدام إحداها أو بعضها مجتمعة. من بين هذه الإستراتيجيات نوجز الطرق الآتية :

١ - إعتماد الهيئة على نفسها : هذه الإستراتيجية تتبعها معظم الهيئات التى لها الخبرة والمهارة اللازمة لبناء النظام والمكتسبة من تطوير نظم سابقة أو الهيئات التى تحرص على سرية المعلومات الخاصة بها.

٢ - إسناد المهمة إلى مطور خارجى : هذه النوعية من الإستراتيجيات تصلح للشركات التى ليس لديها الرغبة أو الموارد البشرية للقيام بمهمة بناء النظام الخبير كذلك ليس لديها معلومات سرية تخشى الإطلاع عليها. وهذه الإستراتيجية تقوم بإسناد المهمة إلى مجموعة إستشارية تبدأ فى دراسة إحتياجات ومتطلبات النظام وتقوم بإعداد تقرير مفصل عن مهمتها وتقدم توصيات (Recommendations) عن إمكانية بناء النظام وتطويره.

٣ - الدخول فى التجربة : وهى من الإستراتيجيات التى تفضلها الهيئات التى ترغب فى إكتساب خبرات فى مجال تطوير نظم الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة.

١١ - ٤ - ٣ مصادر المعرفة

يمكن جمع كل مصادر المعرفة فى مجموعتين أساسيتين وهما المعرفة الموثقة (Documented Knowledge) والمعرفة غير الموثقة (Undocumented Knowledge) أو معرفة الخبير (Expert's Knowledge).

١- المعرفة الموثقة : تأتى المعرفة الموثقة من المصادر الآتية :

- المراجع ، ومنها نحصل على حقائق معينة حول موضوع ما والقواعد المرتبطة بهذه الحقائق.
- قواعد البيانات ، وفيها نجد بيانات قياسية ومعلومات حقيقية ناتجة من تشغيل القاعدة ، دراسات حالات (Case Studies) ، حقائق.
- مصادر أخرى : المذكرات ، التقارير ، الأفلام ، الصور ، المصادر السمعية والبصرية.

٢- المعرفة غير الموثقة :

هذه المعرفة موجودة فى عقل الخبير وهى ناتجة من تراكم خبرات كثيرة فى مجال معين. وهذه المعرفة يمكن أن تكون أكثر تعقيدا من المعرفة الموثقة ويمكن فى أحوال عديدة التعبير عنها عن طريق الحدس (Heuristics).

وتستخدم النظم الخبيرة مصادر المعرفة بكل صورها. وكلما زادت حاجة المستخدم إلى الخبرة البشرية كلما زاد الوقت اللازم لاكتساب المعرفة اللازمة وظهرت الحاجة إلى مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) كهمزة وصل بين النظام والخبير. كذلك هناك العديد من المعايير التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند الإستعانة بالخبير كمصدر للمعرفة منها : من الذى سيقوم باختيار الخبير ؟ ماهى المواصفات الواجب توافرها فى الخبير ؟ ماهى خطة العمل عند الحاجة إلى أكثر من خبير ؟ كيفية حث الخبير على التعاون مع مهندس المعرفة ؟

ويبقى بعد كل هذه الصعوبات المصاحبة لاستخدام الخبرة البشرية كمصدر للمعرفة قدرة مهندس المعرفة على بناء قاعدة المعرفة اللازمة للنظام الخبير وهى مهمة صعبة وتحتاج إلى قدرات خاصة لأن هذه القاعدة ستكون بمثابة قلب النظام.

١١ - ٤ - ٤ إختيار الموارد الحاسبية

فى هذه المرحلة يتم اختيار البرمجيات (Software) والمكونات المادية(Hardware) المنوط بها إجراء العمليات الحسابية وعمليات الإستدلال والإستنتاج المنطقى والمساعدة فى إتخاذ القرار وتشكيل قاعدة المعرفة و ... الخ. وبالنسبة للبرمجيات يتم اختيارها وفقا لعدة معايير هامة مثل قدرات البرمجة المتاحة ، نظام الحاسب المستخدم فى تشغيل البرمجيات ، الحاسب المتاح لدى المستخدم ، لغة البرمجة وهل هى لغة ذكاء إصطناعى أو لغة برمجة نمطية (Conventional Programming Language).

وعادة يتم البدء بدراسة وتحليل قدرات البرمجة المتاحة لدى المؤسسة. إذا كان لديها فريق برمجة جيد يتم تحديد قدرته على البرمجة السريعة واللغة التى يستخدمها والأدوات المساعدة والمتاحة لعملية البرمجة والتى يمكن إستعمالها مع الحاسب الخاص بالمؤسسة وتجدر الإشارة إلى

أن برمجة نظام خبير باللغات النمطية يحتاج إلى كم هائل من عمليات البرمجة واختبار البرمجيات الناتجة وإزالة الأعطال منها وتعديلها و .. الخ.

أما الوسيلة السريعة والسهلة فهى إستعمال لغة ذكاء إصطناعى مثل ليسب (LISP) أو برولوج (PROLOG) فهى تعطى كل القدرات والإمكانيات اللازمة ولكن يجب التأكد من الآتى : هل هناك لغة ذكاء خاصة بالحاسبات المتاحة بالمؤسسة ؟ هل هذه اللغة تلائم وتغطى النطاق الذى تهتم به ؟ هل اللغة قادرة على إنجاز عملية بناء النظام الخبير بكفاءة ؟

١١ - ٤ - ٥ دراسة الجدوى (Feasibility Study)

الجدول الآتى يحدد بعض الخطوط العريضة لدراسة الجدوى التى يجب القيام بها قبل بدء تنفيذ عملية بناء النظام الخبير.

جدوى إقتصادية (Economic Feasibility)	★ تكلفة بناء النظام الخبير (تحدد فى صورة عناصر). ★ تكلفة صيانة النظام. ★ مرتبات المشاركين فى النظام. ★ تحليل للمصروفات. ★ تكلفة المخاطر المحتملة (مثل إعادة البناء).
جدوى فنية (Technical Feasibility)	★ متطلبات الإستدلال. ★ طرق الإدخال والإخراج فى الشبكات. ★ توفر البيانات والمعلومات. ★ سرية المعلوات العامة. ★ طريقة تمثيل المعرفة. ★ توفر البرمجيات والحاسبات ومدى التوافق بينهما.
جدوى التشغيل (Operational Feasibility)	★ توفر الموارد البشرية. ★ الأولوية عند المقارنة بمشاريع أخرى. ★ تقديم المساعدات المطلوبة. ★ عمليات التنظيم والتشغيل. ★ الإدارة وخدمة المستخدم. ★ توفر الخبراء ومهندسى المعرفة. ★ القيود القانونية أو غيرها. ★ بيئة المستخدم.

١١ - ٤ - ٦ دراسة التكلفة فى ضوء الفوائد المتوقعة

يعتبر بناء النظام الخبير من الإستثمارات التى تقوم بها الهيئة المعنية بعملية البناء لذلك يجب تقييم حجم المنفعة المتوقعة فى ضوء تكلفة بناء النظام وهى دراسة معقدة بسبب طبيعة النظام الخبير المتغيرة دائما. وتحتاج دراسة التكلفة اللازمة لعملية البناء إلى تقييم لتكلفة

العناصر المشتركة فيه كل على حدة. وتبدأ أولا بدراسة تكلفة أدوات البناء مثل لغة الذكاء الإصطناعى المتفق على استخدامها فى بناء النظام الخبير. ثانيا تكلفة الحاسب المطلوب لتشغيل النظام وتكلفة الخبراء والإستشاريين الخارجيين بالإضافة إلى تكلفة المبرمجين ومهندسى المعرفة وتكلفة الوقت المستهلك فى اختبار النظام وإزالة أعطال التشغيل (Debug) وصيانة وتحديث البرنامج.

ومن أهم العوامل التى تساعد على حساب تكلفة بناء النظام الخبير بطريقة واقعية (Realistic) هو حساب الوقت التقريبى اللازم لإتمام كل خطوة من خطوات عملية البناء. ومن المتوقع كما سبق أن ذكرنا أن تكون التكلفة التى تم حسابها تقريبية ولكن لايمكن إغفال هذه الخطوة. ويمكن استخدام طريقة المقارنة بأنظمة أخرى تم بناؤها حتى يمكن الوقوف على تكلفة تقريبية للنظام المقترح. على سبيل المثال النظام الخبير الصغير والذى يحتوى على عدة مئات من القواعد يحتاج إلى شهور قليلة لبنائه ويحتاج من فردين إلى ثلاثة وتكلفته التقريبية تكون من ($ 10,000) إلى ($ 50,000). وعند استخدام لغة ذكاء إصطناعى (Shell) مكلفة على حاسب شخصى لبناء نظام خبير فإن التكلفة التقريبية تكون من ($ 60,000) إلى ($ 80,000) بفرض أن الخبراء الموجودين سيتولون مهام مهندسى المعرفة. وعند بناء نظام خبير كبير للعمل على حاسبات كبيرة (Mainframes) قد تزيد التكلفة اللازمة عن ($ 100,000).

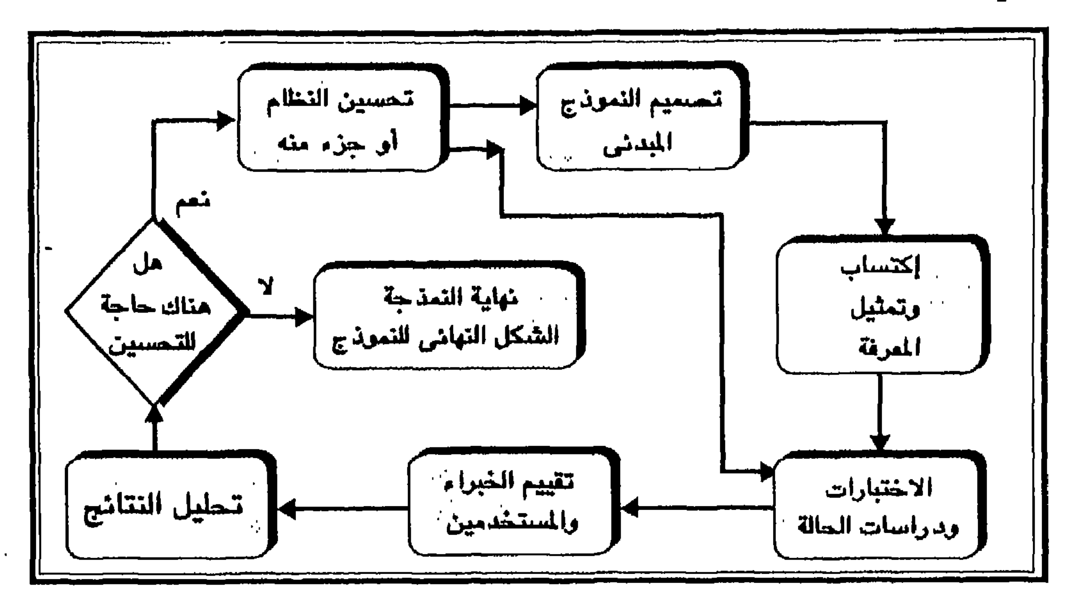
أما فيما يتعلق بتقدير الفوائد المتوقعة من النظام الخبير فهى مهمة أكثر صعوبة من تحديد التكلفة اللازمة لعملية البناء. وذلك لأن بعض هذه الفوائد غير محسوس (Intangible) كما أن بعض هذه الفوائد يظهر على المدى الطويل. وكذلك لأن تقدير الفوائد يشمل تقديرها كما وكيفا أى كمية الفوائد (Quantity) المتوقعة ومدى جودتها (Quality). وتقدير الجودة من الصعوبة بمكان وخاصة عند وجود خدمات مرتبطة بالصناعة يؤديها النظام الخبير.

ويمكن حساب الفوائد بدءا بالفوائد المناسبة والملموسة فمثلا إذا استخدم النظام الخبير لحل مشكلة خط إنتاج منتج معين يعطى عددا محددا من العينات التالفة فتكون بداية حساب الفوائد إنطلاقا من عدد العينات التالفة بعد استخدام النظام الخبير ومدى إنخفاض هذا العدد والفائدة المادية والمعنوية (المتمثلة فى سمعة الشركة) المتوقعة.

أما إذا لم تتوفر نقطة بداية معينة لتقييم الفوائد يمكن استخدام أسلوب القيمة المادية للفوائد (Dollar - Benefits Value) أى حساب العائد المادى المقابل لتحقيق الفوائد من بناء النظام الخبير مثل زيادة الكمية المنتجة فى وقت أقل والحد من كمية المواد المستهلكة وترشيد إستخدامها وتحسين الخدمات نتيجة زيادة المعرفة فى مجال خدمة المستخدم.

١١ - ٥ المرحلة الثالثة : النموذج المبدئى

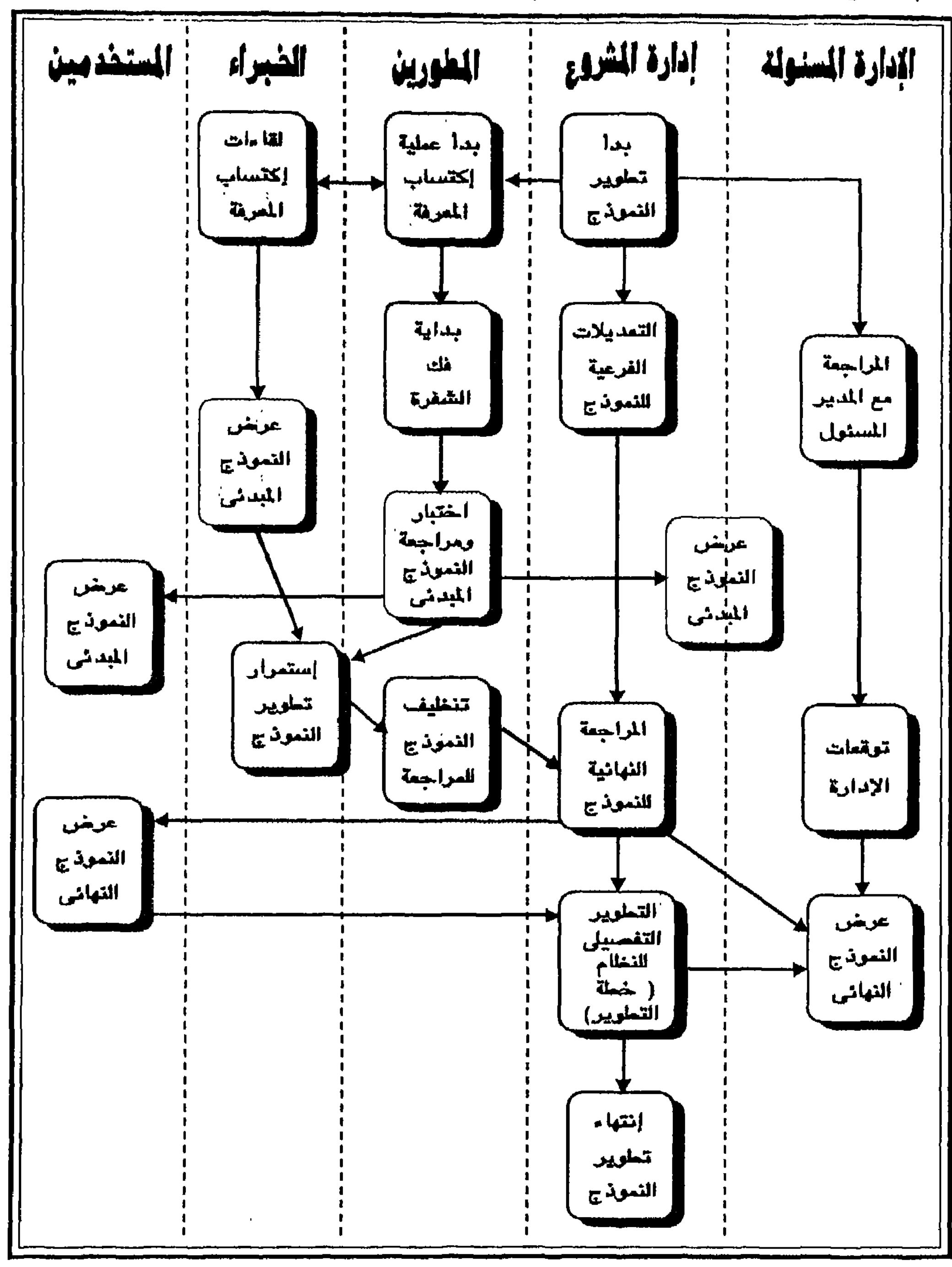
النمذجة (Prototyping) من الأساليب شائعة الإستخدام عند بناء مختلف النظم الخبيرة وهى تعنى إنشاء نموذج مصغر للنظام الخبير بطريقة تساعد على تنفيذ عمليات الإستدلال بسرعة وبناء باقى أجزاء النظام بطريقة صحيحة. على سبيل المثال فى النظم المبنية على القواعد (Rule - Based Systems) يمكن أن يحتوى النموذج على خمسين قاعدة فقط ويمكن بناؤه باستخدام لغة ذكاء إصطناعى (Shell) وتستطيع هذه القواعد المحدودة تقديم إستشارات لها طبيعة محدودة.



شكل (١١ - ٩)

ويساعد النموذج فى تحديد شكل قاعدة المعرفة وتركيبها قبل البدء فى بناء المزيد من القواعد وماتستغرقه هذه العملية من وقت وجهد. والشكل (١١ - ٩) يوضح عملية بناء النموذج المبدئى. وتبدأ العملية بتصميم نظام صغير ويقوم المصمم بتحديد البيانات الخاصة بهذا النظام مثل عدد القواعد المستخدمة وحجم المعرفة المطلوبة و ... الخ ثم تتم عملية إكتساب المعرفة وتمثيلها فى النظام الخبير. يلى ذلك إجراء اختبار باستخدام حالات واقعية أو إفتراضية (Hypothetical) ثم يقوم الخبير بالحكم على النتائج بعد اختبار طريقة تمثيل المعرفة وكفاءة البرمجيات والحاسبات المستخدمة. وأخيرا يسمح للمستخدم باختبار النظام ثم يبدأ مهندس المعرفة عملية تحليل النتائج وفى حالة إقتراح تعديلات أو تحسينات يعدل تصميم النظام. ويمكن أن تكرر هذه الخطوات عدة مرات حتى يتم الوصول إلى النموذج النهائى له (Final Prototype). والشكل (١١ - ١٠) يوضح

المشاركين فى إعداد النموذج والمهام القائمين بها. واختبار النموذج المبدئى والموافقة عليه يعد بمثابة الضوء الأخضر لاستكمال تطوير النظام الخبير وهو مايحدث فى المرحلة الرابعة.



شكل (١١ - ١٠)

١١ - ٦ المرحلة الرابعة : تطوير النظام

بمجرد الإنتهاء من إعداد النموذج المبدئى (Initial Prototype) والموافقة عليه من قبل الإدارة المسئولة عن بناء النظام الخبير تبدأ عملية التطوير وفقا لخطة موضوعة مسبقا. وهناك العديد من الأساليب والمنهجيات التى يمكن بها تطوير النظام منها :

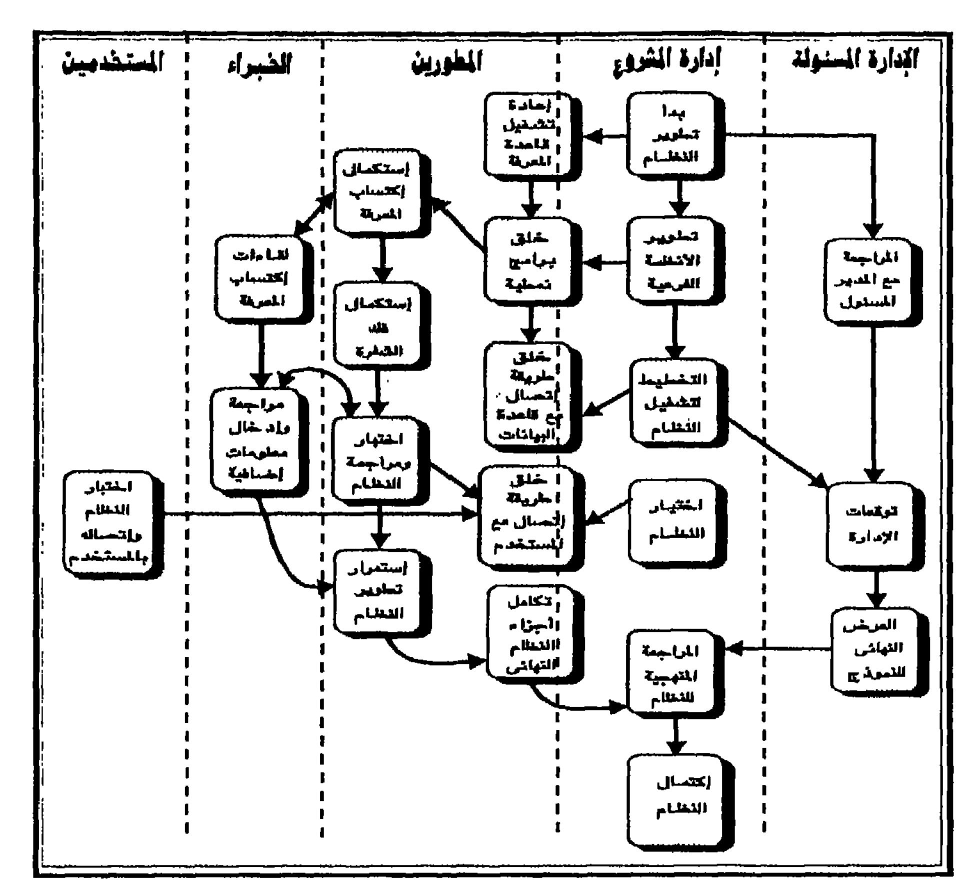
- ☐ الإنتقال إلى النموذج الميدانى (Field Prototype).
- ☐ استخدام طريقة دورة الحياة التركيبية (Structured Life - Cycle).
- ☐ استخدام الطريقتين معا.

ويعد حجم النظام (Size) وطرق إتصاله بالنظم الأخرى وديناميكية المعرفة واستراتيجية التطوير من المعايير التى تتحكم فى اختيار أسلوب التطوير.

ويستخدم أسلوب النمذجة (Prototyping) النموذج النهائى والذى تم الإنتهاء منه فى المرحلة الثالثة كنواة يتم اختبارها وتطويرها عبر العديد من المحاولات التكرارية (Iterations) بعدها يكون الشكل النهائى للنظام الخبير قد تبلور واكتمل.

أما الأسلوب الآخر فيستبعد النموذج الإبتدائى وتبدأ مراحل تصميم جديد يليها مراحل بناء النظام الخبير تبعا لأسلوب دورة الحياة (Life - Cycle). على سبيل المثال لو فرضنا أن بناء النموذج المبدئى قد تم باستخدام لغة ذكاء إصطناعى (Shell) وحاسب شخصى فإننا مع هذا نجد أن التطوير الفعلى للنظام قد تم باستخدام لغة أخرى على حاسب كبير.

وبصرف النظر عن الأسلوب المستخدم فى عملية التطوير فإن هذه المرحلة تبدأ ببناء قاعدة المعرفة (Knowledge Base) ثم اختبار النظام ومراجعته وتحسينه. وتشهد هذه المرحلة أيضا بناء وسائل الإتصال (Interfaces) مع نظم أخرى مثل قواعد البيانات والمستخدمين. والشكل (١١ - ١١) يوضح المشاركين فى عملية التطوير ودور كل منهم.



شكل (١١ - ١١)

١١ - ٦ - ١ بناء قاعدة المعرفة

يعنى بناء قاعدة المعرفة إكتساب المعرفة من مصادرها من الخبير أو من الوثائق وتمثيل هذه المعرفة بشكل ملائم على الحاسب كما تم الإيضاح فيماسبق. وفيمايلى وصف لخطوات تنظيم المعرفة بطريقة يمكن فهمها وتحويلها إلى قاعدة أو إلى أى صورة أخرى من صور تمثيل المعرفة.

١ - تحديد الحلول الممكنة

أول خطوة من خطوات تنظيم نطاق المعرفة هى عمل قائمة بالحلول المتاحة والنتائج والإجابات والإختيارات أو التوصيات (Recommendations). ويجب تحديد المخرجات الحقيقية التى ستظهر للمستخدم على الشاشة لأن النظم الخبيرة ليست نظم عبقرية تعطى نصائح دون الإعتماد على كل الإجابات المعدة مسبقا. لذلك يجب أن تغطى المقابلات مع الخبير

تقريبا كل الأمثلة ذات الحلول (Problem - Solving Examples) حتى يمكن تحديد كل الإحتمالات الناتجة ولهذا فإن معظم النظم الخبيرة يكون قادرا على تفسير سبب أو أسباب اختيار حل معين لمشكلة ما.

٢ - تعريف الحقائق المدخلة

الخطوة التالية هى عمل قائمة بكل البيانات اللازمة لتشغيل النظام. وهذه البيانات هى بمثابة الحقائق التى يدخلها المستخدم إلى النظام وذلك عن طريق الإجابة على بعض الأسئلة التى يسألها النظام الخبير على سبيل المثال قد يسألك النظام ماعمرك ؟ فإذا كانت هناك قاعدة داخل النظام تنص على أنه ممنوع قيد من هم أقل من ١٨ سنة فى جداول الإنتخابات ، لذلك فإن إجابة المستخدم سيتم مقارنتها بجملة الشرط (IF) فى القاعدة لبدء أو لاستكمال عملية البحث.

٣ - تحديد الإطار الخارجى (Outline)

بالرغم من إحتمالات علمك بالنتائج (Outcome) أو المخرجات وعلمك بالبيانات المطلوبة (Input Data) فقد تجد صعوبة فى كتابة القواعد لأن نطاق المعرفة الكبير والمعقد يحتاج إلى عملية تنظيم إضافية وخير طريقة لإنجاز ذلك هى تحديد الإطار الخارجى (Outline) أى عن طريق تصنيف وتقسيم المعرفة فى تركيب هرمى (Hierarchy).

٤ - رسم شجرة القرارات (Decision Tree)

بالنظر إلى عناصر المعرفة نجد أنها تكون منظومة فى صورة شجرة. وهذه الصورة تسهل من عمليات المعالجة بحيث يمكن استخدام عنصر معين مباشرة لاتخاذ القرار أو المساعدة فى عملية البحث. وفى قواعد المعرفة الكبيرة والتى لانستطيع رسم شجرة قرارات لها يمكن تجزئتها إلى نطاقات صغيرة ورسم شجرة لكل نطاق على حدة.

٥ - تطوير البرمجيات

بمجرد كتابة القواعد يمكن إدخالها فى البرنامج لبناء نموذج صغير لاختبار قاعدة المعرفة. وعند نجاح النموذج يمكن إستكمال عملية إدخال باقى القواعد بثقة كاملة فى الأداء المستقبلى للنظام.

١١ - ٦ - ٢ اختبار وتحقيق وتصحيح وتحسين النظام

فى هذه المرحلة يتم اختبار النموذج المطور للنظام وتقييمه معمليا وميدانيا وتبدأ عملية الإختبار باستخدام النظام لحل حالات معينة سابقة ومعروفة الحل أو عينة من حالات اختبار يقدمها المستخدم. وينتج عن عملية تقييم النظام إضافة قواعد جديدة أو تعديل قواعد موجودة

ويجب الأخذ فى الإعتبار تأثير هذه الإضافات أو التعديلات على أداء باقى أجزاء النظام حتى يحدث توافق بين القواعد الموجودة. ومن الطرق المستخدمة لتقييم النظام الخبير مقارنة أدائه بقرار يتخذه خبير فى مشكلة محددة وتتم عملية المقارنة عن طريق مجموعة من المديرين بعرض الحلول عليهم دون معرفة أى من الحلول خاص بالنظام وأى منها خاص بالخبير. وقد يحدث اختلاف فى الآراء ولكن تبقى حقيقة واقعة لاتنتظر الحكم وهى أن الوقت اللازم لتنفيذ المهام المطلوبة باستخدام النظام الخبير يكون عادة أقل بكثير من الوقت اللازم لإنجازها بالقدرة البشرية. وحتى بعد أن يثبت النظام الخبير كفاءة وقدرة على حل المشاكل يجب إجراء بعض التحسينات اللازمة بعد كل حالة جديدة أو عند حدوث تغييرات فى البيئة (Environment) وهذه التحسينات ينتج عنها قواعد جديدة. وبعد إجراء التحسينات تتم عملية التقييم وتتكرر هذه العملية طوال فترة تشغيل النظام.

١١ - ٧ المرحلة الخامسة : التنفيذ (Implementation)

مرحلة تنفيذ النظام الخبير مرحلة طويلة ومعقدة وسوف نوجز فيمايلى بعض المهام الخاصة بهذه المرحلة :

١ - قبول المستخدم للنظام (Acceptance by the User)

ليس بالضرورة أن يقبل المستخدم النظام حتى لو كان قادرا على إنجاز بعض المهام فى وقت أقل من الإنسان لأن قبول المستخدم للنظام يعتمد على عدة معايير سلوكية وذهنية (Psychological) ومن الأهمية بمكان أن يتوفر جو من القبول لدى القاعدة العريضة من المستخدمين للنظام الخبير.

٢ - طرق تشغيل النظام

بمجرد وصول النظام إلى مستوى مقبول من الإستقرار والجودة يصبح جاهزا للاختبار الميدانى (Field Test). وهذا المستوى يمكن تحديده فى النظم المبنية على القواعد بتحقيق (٧٥ ٪) من الحالات وبمعدل خطأ أقل من (٥ ٪). وطرق التشغيل تعتمد على الظروف الموجودة على سبيل المثال يمكن استخدام نظام خبير بالتوازى مع الخبير لمدة ستة شهور.

٣ - العرض (Demonstration)

يجب الإهتمام باستعراض قدرات النظام الخبير للمستخدم لأن ذلك يضيف رصيدا كبيرا من قبول القاعدة العريضة للمستخدمين للنظام الجديد.

٤ - أشكال التوظيف (Modes of Deployment)

هناك العديد من أشكال توظيف النظم الخبيرة. فالنظام النهائى يمكن تسليمه للمستخدم كنظام مغلق (Turnkey) يعمل مستقلا (Stand - Alone) ويمكن تشغيله ككيان مستقل (Separate Entity) ولكن متصل ببيئة المستخدم. أو يمكن اعتبار النظام جزءا من نظام آخر (Embedded) ويمكن تشغيله كخدمة (Service) للرد على إستفسارات المستخدمين وإمدادهم بالبيانات اللازمة وخاصة فى الأماكن النائية. ويمكن أن يكون النظام متاحا للاستخدام طوال اليوم أو فى ساعات محددة من اليوم والنظام الواحد يمكنه خدمة مستخدم واحدة أو عدة مستخدمين فى مكان واحد أو عدة أماكن.

٥ - التدريب (Training)

يجب على مصممى النظام الخبير التخطيط الجيد للتدريب عليه وذلك تبعا لطريقة توظيفه. وإذا كانت مسئولية صيانة النظام تقع على المستخدم فإن عملية التدريب فى هذه الحالة تكون مكثفة نوعا ما.

٦ - التأمين (Security)

من الإعتبارات الهامة عند تصميم وتنفيذ النظام الخبير توفير وسائل حماية المعلومات والمعارف داخل النظام لأنها تمثل ثروة متزايدة من المعرفة للهيئة المستخدمة للنظام. وتهدف حماية النظام إلى حماية البرمجيات وتوفير ظروف تشغيل غير معوقة للمستخدم وفرض قيود على أى شخص غير مصرح له باستخدامه ومنع نقل أجزاء من النظام بطريقة غير شرعية.

٧ - التوثيق (Documentation)

يجب أن تشمل مرحلة تنفيذ النظام الخبير وسيلة مناسبة للتوثيق. على سبيل المثال فإن كل برنامج فى النظام يجب أن يكتب له تقرير يوضح فيه عمل كل جزء منفصل (Module) من أجزاء البرنامج ، المدخلات ، المخرجات وهكذا. وهناك نوعان من الوثائق التى تشتمل على خصائص النظام

والمشغلين والمستخدمين وهما الوثائق المطبوعة (Manuals) والوثائق الإلكترونية (On-line Documentation) وقد يكون هناك أكثر من مستوى للتوثيق حسب حجم النظام.

٨ - الإختبار الميدانى (Field Testing)

إذا كان النظام الخبير من النوع الذى يعمل مستقلا (Stand - Alone) يمكن إجراء اختبار ميدانى له أما النظام الذى يعمل بالتكامل مع نظم أخرى فيمكن إجراء اختبار ميدانى له بعد إضافته إلى نظام المعرفة المبنى على الحاسب. والإختبار الميدانى هام جدا لأن الظروف الميدانية قد تختلف كثيرا عن الظروف المعملية. وأوجه الاختلاف يمكن أن تكون فى نوع الحاسبات المستخدمة من حيث سعة التخزين ووقت المعالجة (Processing Time) والتوافق بين الحاسب والبرمجيات وأيضا الإختلاف بين المشغلين للنظام فى المعمل والمسئولين عنه فى الميدان والإختلاف الجوهرى بين حالات الإختبار فى المعمل وحالات الإختبار الميدانية التى تنتمى إلى العالم الحقيقى وأخيرا يحدث دائما إختلاف بين وقت الإستجابة (Response Time) فى المعمل عنه فى الإختبار الميدانى. وفى الغالب يستغرق الإختبار الميدانى عدة شهور نظرا لانشغال الخبير دائما بحيث لايستطيع إعداد التحسينات فى فترة وجيزة.

١١ - ٨ المرحلة السادسة : مابعد التنفيذ
(Post implementation)

هناك العديد من المهام التى يجب إجراؤها بمجرد تسليم النظام للمستخدم. أهم هذه المهام تشغيل النظام ، صيانة النظام ، تحديث النظام ، توسيع نطاق النظام وتقييم النظام وفيمايلى نبذة مختصرة عن كل من هذه المهام :

١ - التشغيل : (Operation)

بمجرد تسليم النظام الخبير يتم تكوين مجموعة تشغيل للنظام(System Operation Group)، أو مجموعات تشغيل إذا كان هناك العديد من مواقع التشغيل ، ويجب البدء فى تدريب هذه المجموعات على عمليات التشغيل. وإذا كان المستخدم هو الذى سيتولى تشغيل النظام فيجب تكوين مجموعة لتدريب المشغلين ويجب الأخذ فى الإعتبار تقديم المساعدات فى المشاكل التى تواجه المشغلين. وكذلك يجب تقديم وثائق كاملة لعملية التشغيل. وفى حالة إشتراك النظام الخبير كجزء من نظام آخر يجب تدريب المشغلين لهذا النظام على إجراءات التشغيل الجديدة.

٢ - الصيانة (Maintenance)

من المجموعات التى تتكون أيضا بعد بداية التشغيل مجموعات الصيانة والتى تتولى حل المشاكل التى تظهر أثناء التشغيل كذلك مراجعة البيانات والمعرفة التى تم تعديلها داخل قاعدة المعرفة. ويشترك خبير المجال (Domain Expert) فى عملية الصيانة لأن التعديل قد يحدث فى طريقة تشغيل المعرفة أو فى المعرفة نفسها مما يستدعى وجود خبير المجال حتى وإن اقتصرت مهمته على الإستشارة. ويمكن أن تكون الصيانة مركزية (Centralized) لحزم البرامج ينتج عنها إصدارات جديدة ومعدلة لهذه الحزم من مصدر واحد ، أو تكون الصيانة موزعة (Distributed Maintenance) وينتج عن ذلك تعدد مصادر إصدارات حزم البرامج الجديدة المعدلة ولكنها غير قياسية (Not Standard).

وفى الحالة التى يكون فيها النظام الخبير جزءا من نظم أخرى (Embedded System) فإما أن تتولى مجموعة الصيانة خدمة النظام ككل أو تتم صيانة منفصلة للنظام الخبير وفى هذه الحالة يتم التنسيق بين مجموعة الصيانة الكلية للنظام ومجموعة صيانة النظام الخبير.

٣ - التوسيع (Expansion)

تجرى عملية توسيع نطاق النظام الخبير باستمرار ويشمل التوسيع إضافة كل المعارف الجديدة والمعلومات والقدرات الجديدة عندما تصبح متاحة بما فى ذلك إمكانية الإتصال والتكامل مع نظم أخرى.

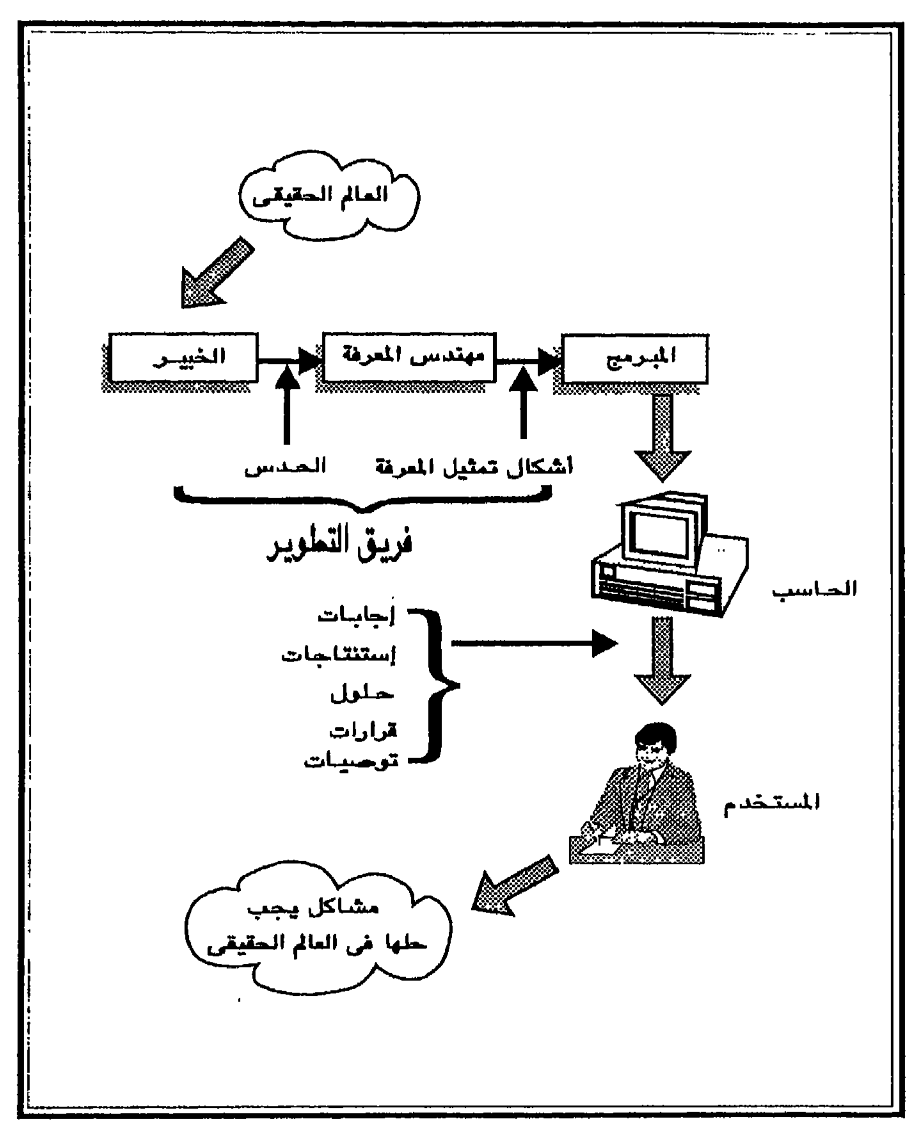
٤ - التقييم (Evaluation)

تتم عملية تقييم النظام الخبير بانتظام كل ستة شهور أو سنة وخلال تقييم النظام يتم الإجابة على مثل هذه الأسئلة :

- ☐ ماهى التكلفة الحقيقية للإحتفاظ بالنظام مقارنة بالفوائد الناتجة عن وجوده ؟
- ☐ هل تتم عملية الصيانة بانتظام وبطريقة تسمح بالإحتفاظ بآخر ماوصلت إليه المعرفة فى مجال النظام ؟
- ☐ هل النظام متاح لكل المستخدمين ؟
- ☐ هل هناك زيادة فى معدل قبول المستخدمين للنظام ؟

١١ - ٩ إعداد فريق التطوير

يتم تطوير النظم الخبيرة دائما عن طريق فريق تطوير جزء من أعضائه يشارك فى المراحل الخمسة الأولى للتطوير والجزء الآخر يشارك فى المرحلة السادسة والأخيرة. ويتكون فريق التطوير من الخبير ومهندس المعرفة والمبرمج كما يتضح من الشكل (١١ - ١٢). ويمكن أيضا إشتراك المستخدم مع أحد المتخصصين فى نظم المعلومات.



شكل (١١ - ١٢)

وتحتاج عملية التطوير إلى تعاون كبير واتصال مستمر بين أفراد مجموعة التطوير وصولا إلى أحسن وأفضل أساليب التطوير. ويزداد عدد المشاركين فى فريق التطوير كلما زاد حجم النظام وهذه الزيادة تعنى الحاجة إلى تنظيم أفضل وإدارة واعية لتحقيق نظام خبير قادر على العمل فى الظروف المختلفة.

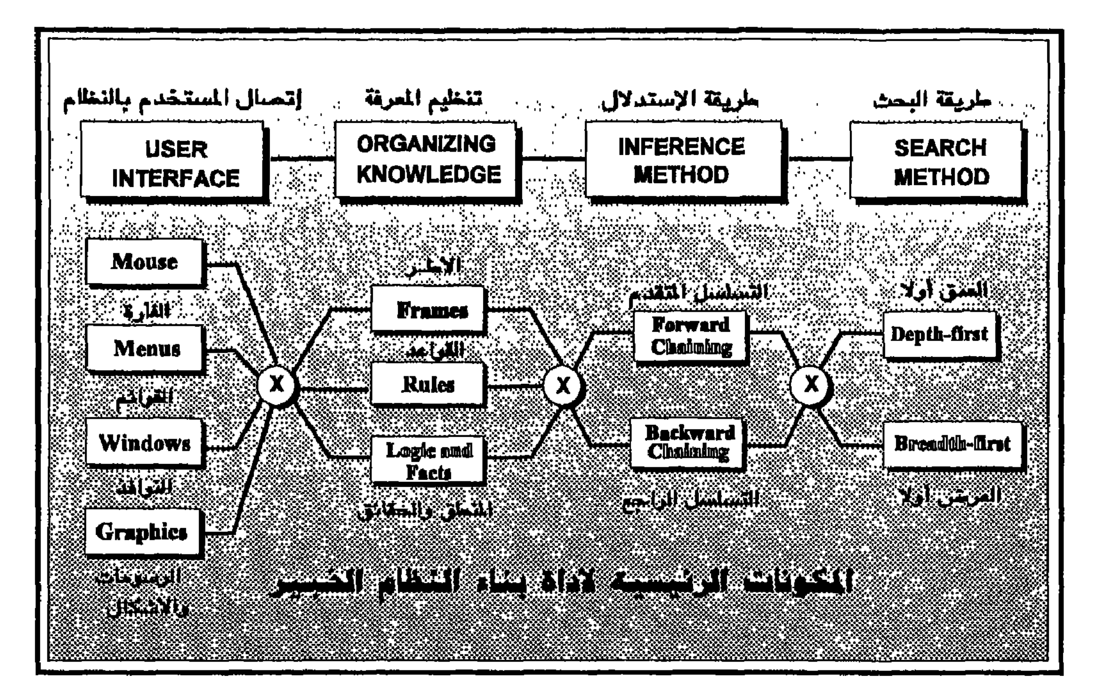
وتحتوى معظم فرق التطوير على مدير مسئول للمشروع ورئيس للمشروع وهو متخصص يكون مسئولا عن إدارة المشروع للوقوف على مدى الإنجاز اليومى أثناء عملية التطوير.

١١ - ١٠ إختيار أداة بناء النظام الخبير

يعتبر اختيار الأداة المناسبة لبناء النظام الخبير أحد القرارات الصعبة التى يلزم إتخاذها عند بناء النظام الخبير. وسبب هذه الصعوبة أن أداة بناء النظام الخبير تكون مصممة عادة للتعامل مع نوعية محددة من المشاكل والتطبيقات. وحتى يمكن تحديد الأداة المناسبة لبناء النظام الخبير فإنه لابد من معرفة الهيكل الأساسى ومكونات أى أداة يمكن استخدامها لبناء نظام خبير. ويوضح شكل (١١ - ١٣) المكونات الرئيسية لأى أداة لبناء النظام الخبير وهى ما يطلق عليها عادة " الحزم الجاهزة لبناء النظام الخبير " (Expert System Development Packages) وتشمل هذه المكونات كما يتضح من الشكل وسيلة تعامل المستخدم مع أداة البناء من خلال الحاسب ، والأساليب المستخدمة لتنظيم المعرفة ، وطرق الإستدلال المنطقى بالإضافة إلى طرق البحث.

ومن المؤسف حقا أن هناك العديد من النظم الخبيرة التى تم بناؤها دون اختيار الأداة المناسبة لها. وذلك لأن أسلوب الإختيار كان يتم لأسباب عديدة لا يدخل فيها مدى ملاءمة أداة البناء المستخدمة لنوع المهمة المصمم من أجلها النظام الخبير. ومن هذه الأسباب وأكثرها إنتشارا هو اختيار مهندس المعرفة لها لمجرد معرفته التامة بها وكيفية استخدامها. ومن الأسباب الأخرى أن تكون الأداة المستخدمة هى أفضل المتاح وتعمل بكفاءة على جهاز الحاسب الموجود لدى القائم ببناء النظام الخبير.

ورغم أنه ليست هناك إجابة سهلة لكيفية اختيار أنسب أداة لبناء نظام خبير معين إلا أنه يمكن إقتراح بعض الخطوط العريضة التى تساعد فى تحديد الأداة المناسبة لأداء تطبيق محدد أو تحقيق هدف معين مطلوب له النظام الخبير. فهناك عادة ستة أسئلة رئيسية يتم التعرض لها عند اختيار الأداة المناسبة لبناء أى نظام خبير ، وهذه الأسئلة تتلخص فيما يلى :



شكل (١١ - ١٣)

ا - هل توفر الأداة المختارة لفريق بناء النظام القوة والقدرة ودرجة التعقيد والصعوبة المطلوبة ؟

ب - هل الإمكانيات المساعدة لأداة بناء النظام مناسبة مع الوضع فى الإعتبار الوقت المتاح لبناء النظام الخبير المطلوب ؟

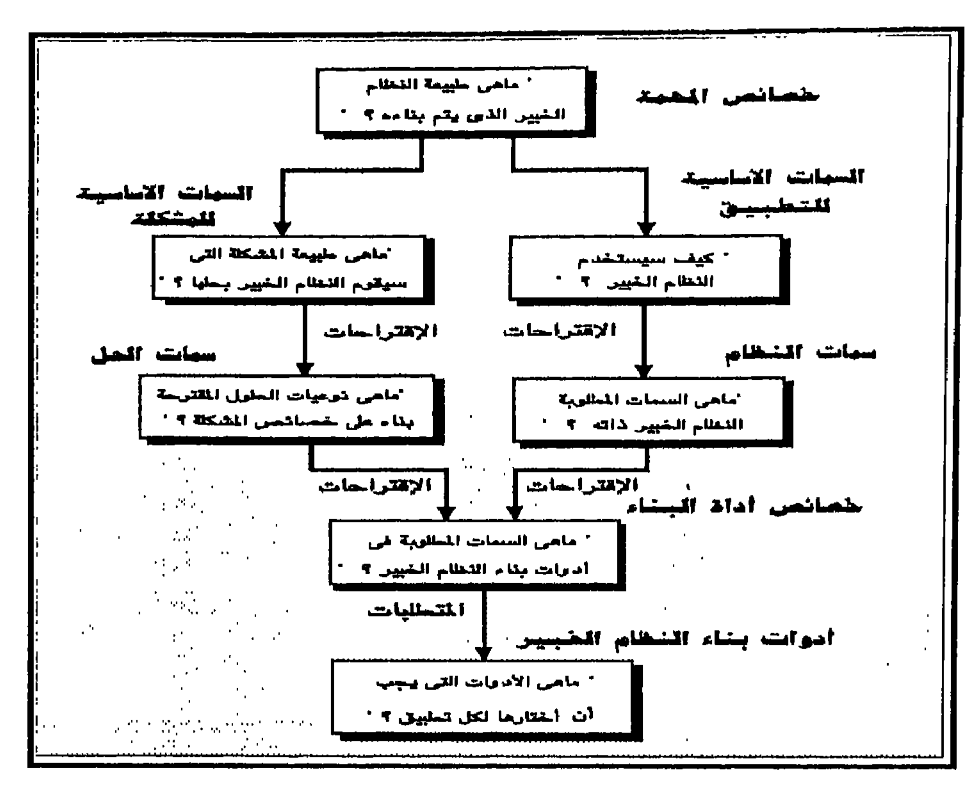
جـ - هل يمكن الإعتماد على هذه الأداة ؟

د - هل أداة البناء تتوفر بها السمات والخصائص الأساسية والتى تفرضها طبيعة واحتياجات المشكلة المراد حلها بواسطة النظام الخبير ؟

هـ - هل أداة البناء تتوفر بها السمات والخصائص الأساسية والتى تفرضها الإحتياجات المقترحة للتطبيق المطلوب ؟

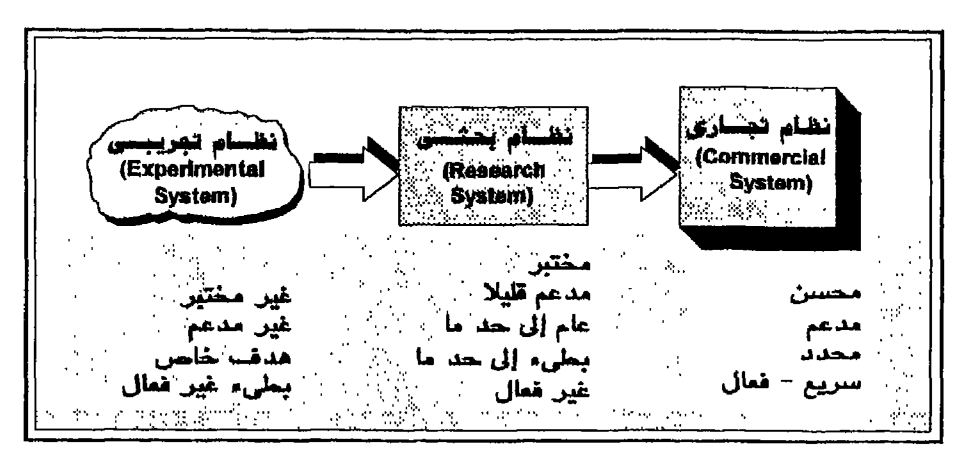
و - هل أداة البناء المختارة لها صفة الإستمرارية بتوفر إمكانيات التطوير والتعديل بها ؟

أنظر شكل (١١ - ١٤)



شكل (١١ - ١٤)

ونظرا لأن بناء النظام الخبير يحتاج إلى الوقت والمال والعنصر البشرى والأجهزة المادية المناسبة (Hardware) ، فإن كل ذلك يؤثر على اختيار الأداة المطلوبة. وهذه العناصر تؤثر بالأخص فى إتخاذ القرار الخاص بنوعية الأداة المختارة فيما إذا كانت لغة برمجة من لغات الجيل الخامس (مثل ليسب (LISP) أو برولوج (PROLOG) أو حزمة برامج جاهزة (Expert System Package) مثل كى (KEE) أو بريزم (PRISM)). ومن البديهى أن لغات البرمجة تعطى مرونة أكبر ولكنها تحتاج إلى مجهود أكبر ومهارة عالية ووقت أكثر لبناء النظام الخبير المطلوب. وعلى الجانب الأخر فإن حزم البرامج الجاهزة توفر مرونة أقل لبناء النظام الخبير المطلوب كما أن عملية البناء نفسها تتميز بالسهولة ، ولكنها قد لاتسفر عن قدر كبير من التحكم مثل المتاح عند استخدام لغة برمجة فى البناء. وكما سبق الإشارة إليه فإن النظام الخبير لايصل إلى المنتج النهائى (النظام التجارى) إلا بعد مروره بمنتجات مبدئية ووسيطة أنظر شكل (١١ - ١٤). ويمكن إجمال هذه المنتجات فى ثلاثة إطارات وهى نظام تجريبى (Experimental System) ، ونظام بحثى (Research System) ونظام تجارى (Commercial System) ، وذلك كما يتضح من الشكل (١١ - ١٥) ونتيجة لذلك فإنه فى كثير من الأحيان يتم استخدام أكثر من وسيلة بناء للوصول إلى النظام النهائى المطلوب وهو النظام التجارى.

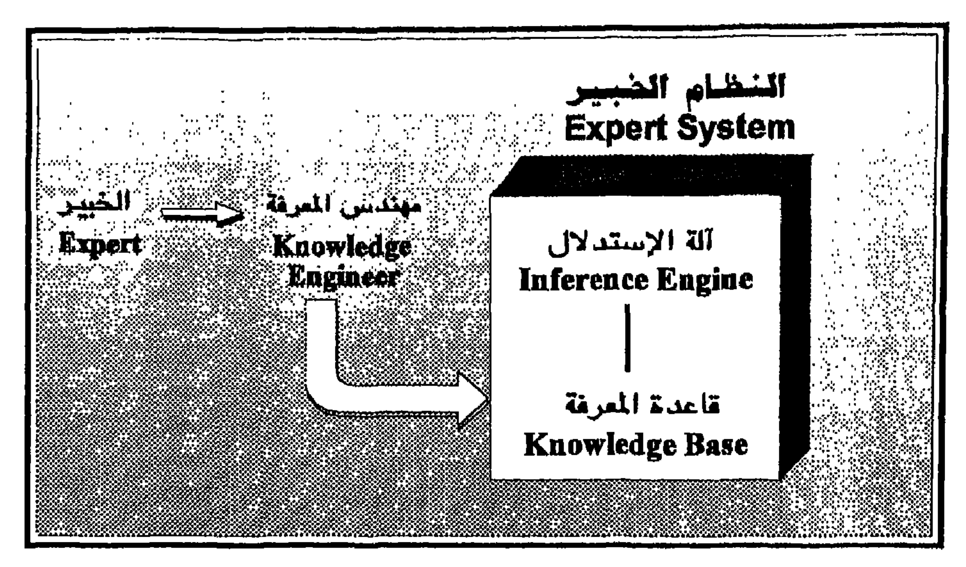


شكل (١١ - ١٥)

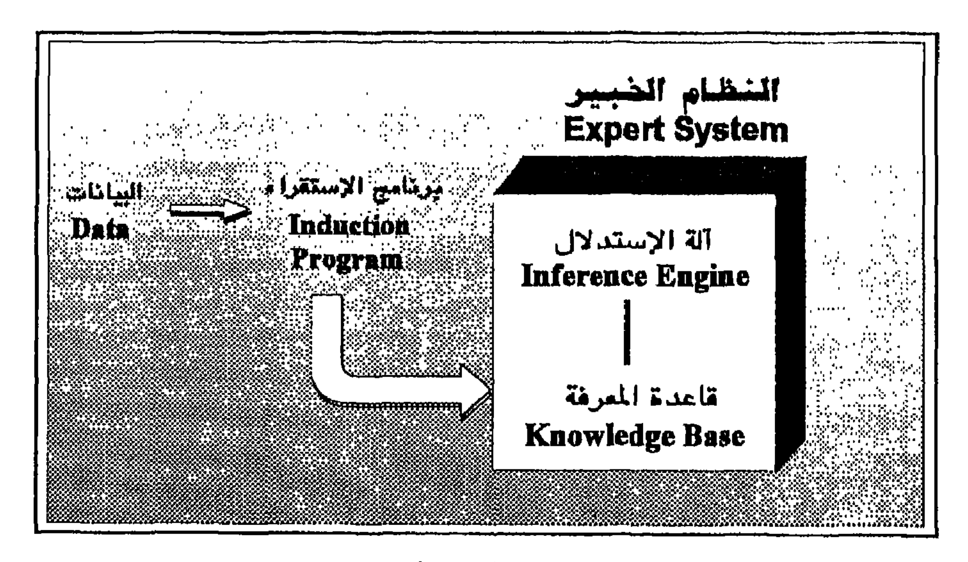
١١ - ١١ إكتساب المعرفة من الخبراء

تأخذ المعرفة فى مجال معين أشكالا متعددة. ومن النادر أن تكون هذه المعرفة فى شكل يسمح بسهولة تحويلها إلى قاعدة معرفة (Knowledge Base) فى نظام خبير. ولذلك فإن عملية إستخلاص المعرفة من الخبير أو من مصدر آخر من مصادر الخبرة وتحويلها إلى قاعدة للمعرفة (Knowledge Base) تعتبر من أهم وأصعب المشاكل التى تواجه بناء النظام الخبير، ويطلق على هذه العملية " اكتساب المعرفة" (Knowledge Acquisition)، وهى تعتبر عنق الزجاجة فى بناء النظام الخبير. وتبرز هنا طبيعة عمل مهندس المعرفة(Knowledge Engineer) بالعمل مع خبير المجال (Domain Expert) وذلك لتحويل خبرته إلى الصورة التى يمكن وضعها فى قاعدة المعرفة (Knowledge Base).

والمعرفة التى يحتويها أى نظام خبير يمكن إكتسابها بطرق عديدة، أحدها بالطبع إكتسابها مباشرة من خبير المجال بواسطة مهندس المعرفة وذلك كما يتضح من الشكل (١١ - ١٦). ونظرا لأن الخبير عادة يكتسب معرفته من الخبرة السابقة (Past Experience) والكتب والمراجع والتى تحتوى على بيانات خاصة بالمجال، فإن هناك أملا كبيرا فى إمكانية قيام برنامج إستقراء (Induction Program) ببناء قاعدة المعرفة لنظام خبير يقوم باستخلاص ما يريده من معارف من البيانات المتوفرة عن المجال والتى عادة تكون مخزنة فى حاسبات إلكترونية تقوم بمعالجتها وذلك كما يتضح من الشكل (١١ - ١٧).



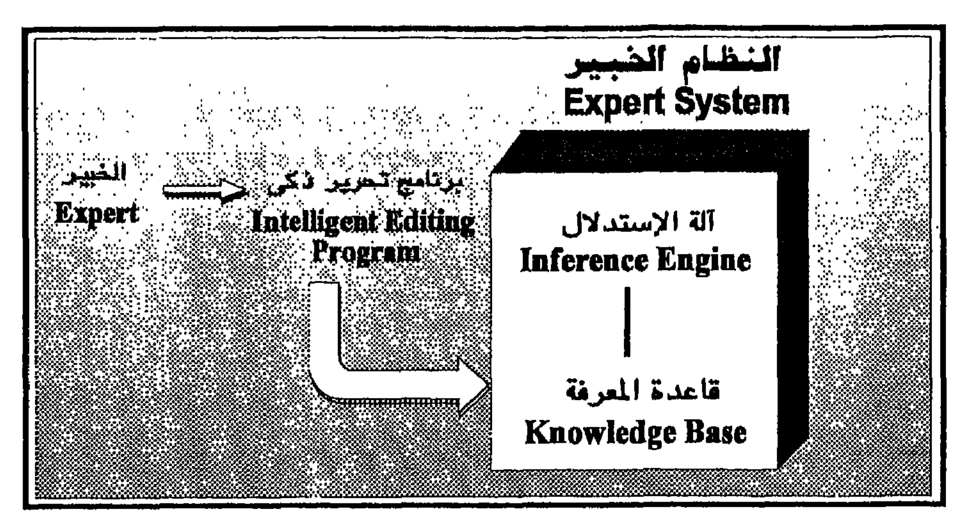
شكل (١١ - ١٦)



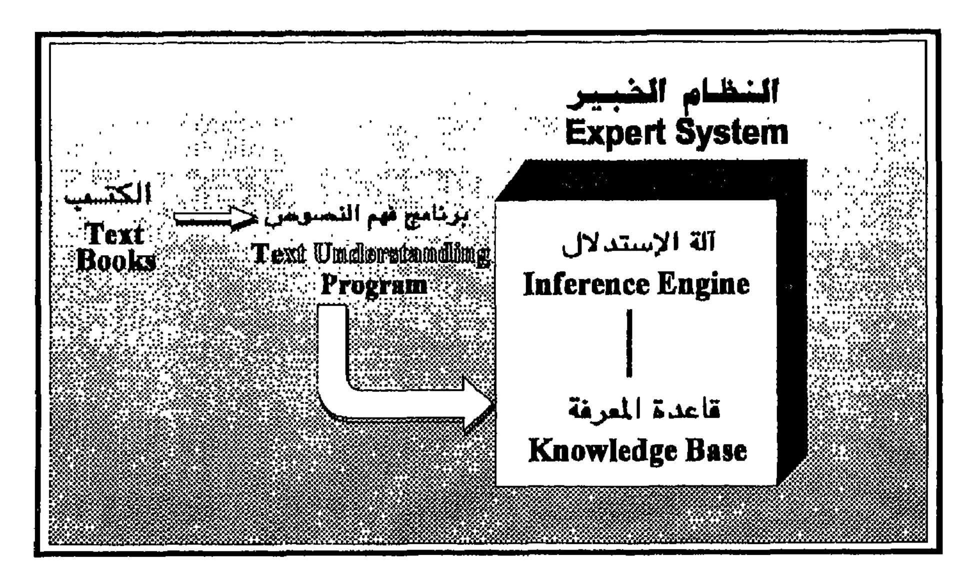
شكل (١١ - ١٧)

وهذا الأمل يعززه الصعوبة الكبيرة عادة فى وجود خبير للمجال متاح فى جميع الأوقات التى يتم بناء قاعدة المعرفة خلالها. وفى كثير من الحالات يكون لخبير المجال دراية بالحاسبات وفى هذه الحالة يتم الإستغناء عن مهندس المعرفة ويقوم الخبير بالتعامل مباشرة مع النظام الخبير لبناء قاعدة المعرفة وذلك من خلال برنامج تحرير يتسم بالذكاء(Intelligent Editing Program) وذلك كما يتضح من الشكل (١١ - ١٨). وهناك أسلوب أخير لاكتساب المعرفة والذى يمكن أن يكون

مجديا فى المستقبل وخاصة بعد وصول التقنية الخاصة بالذكاء الإصطناعى إلى مرحلة النضج وهو أسلوب إكتساب المعرفة من الكتب والمراجع مباشرة باستخدام برامج فهم النصوص وذلك كما يتضح من الشكل (١١ - ١٩).



شكل (١١ - ١٨)



شكل (١١ - ١٩)

١١ - ١٢ البحث عن خبير المجال

خلال هذا الفصل تم التعرض لبناء النظام الخبير مع الوضع فى الإعتبار وجود خبير بشرى فى المجال المطلوب وافتراض سهولة إستخلاص معرفته وخبرته ولكن للأسف الشديد يعتبر ذلك حالة

نادرة الحدوث. فأولا ، من الصعب عادة تحديد من هو الخبير الحقيقى والفعلى والذى يمكن الإعتماد عليه. وهذه المشكلة تتفاقم خاصة إذا كان القائم ببناء النظام الخبير ليست لديه إلا معرفة طفيفة بالمجال المطلوب استخدام النظام الخبير فيه. وثانيا ، من الطبيعى وجود أكثر من خبير فى المجال لهم آراء متعارضة ومتناقضة لنفس التساؤل فى الموضوع المطروح أمامهم ، مما يجعل من الصعوبة تحديد ما هو الرأى الأصوب كإجابة على التساؤل المطروح.

وعندما تختلف آراء الخبراء فى موضوع معين فإنه يمكن عادة اختيار أحد ثلاثة خيارات. أولا ، يمكن اختيار أحد الخبراء والإلتزام بآرائه هو فقط وتجاهل آراء باقى الخبراء ، وذلك بالطبع أسهل الخيارات ولكنه بالقطع قد يؤدى إلى معلومات خاطئة (Erroneous Information). والخيار الثانى هو ايجاد متوسط (Average) للمعلومات مع بعضها البعض ، وبمعنى أدق هو محاولة استخدام المعلومات التى يتفق بشأنها الخبراء. ورغم أن هذه الطريقة ليست بسهولة الخيار الأول ، فإنه يمكن أداؤها دون مشاكل كبيرة ، ولكن يعيبها أن قاعدة المعرفة لاتحتوى المعرفة الكاملة لأى من الخبراء. والخيار الثالث والأخير هو وضع معرفة جميع الخبراء بخصوص الموضوع المطلوب فى النظام الخبير مع ترك الحرية للمستخدم فى اختيار ما يناسبه ، كما يمكن إضافة معامل ثقة (Certainty Factor) أو معامل مصداقية لكل رأى ، ويقوم النظام الخبير فى هذه الحالة إما باختيار الرأى ذى معامل الثقة الأعلى ، أو إستنتاج رأى وسط يجمع بين الأراء المختلفة إذا كان ذلك ممكنا ، وفى هذه الحالة يكون معامل الثقة الناتج هو متوسط معاملات الثقة لجميع الأراء المطروحة. ومن الصعوبات الشائعة التى تواجه بناء النظام الخبير أن معظم الخبراء لا يعرفون عادة ما يعلمونه على وجه التحديد ، فهم لا يستطيعون افراغ ما فى ذاكرتهم بنفس الطريقة التى يقوم فيها الحاسب بإفراغ ما فى ذاكرته دفعة واحدة. ولذلك فانه يمكن أن يكون من الصعب إستخلاص جميع المعلومات الحيوية المطلوبة. هذا بالإضافة إلى أن كثيرا من الخبراء لاتكون لديهم الرغبة عادة فى إستهلاك الوقت فى سرد ما يعرفونه بخصوص موضوع معين. ولذلك فمن المهم العثور على خبير فى المجال لديه معلومات وخبرات كافية عنه بالإضافة الى تميزه بروح التعاون والعطاء وقدرته على نقل أفكاره ومعلوماته إلى الآخرين. لذلك فمن المفضل التروى والحذر الشديدين والدقة المتناهية فى اختيار الخبير المطلوب. ويفضل أن يكون لدى الخبير فكرة عامة عن الحاسبات الإلكترونية ولديه تقدير كامل لمجالات استخدامها وفائدتها. وفى الواقع ، فإنه كلما زادت معرفة الخبير ومعلوماته عن الحاسبات الإلكترونية والبرمجيات بصفة خاصة ، زادت سهولة استخلاص المعارف من الخبير وزاد تعاونه وتجاوبه فى بناء النظام الخبير.

١١ - ١٣ مساعدات إكتساب المعرفة

مساعدات وتقنيات اكتساب المعرفة يمكن تصنيفها إلى ثلاثة فئات أساسية هى : برامج مواءمة وتصحيح قاعدة المعرفة (Knowledgebase Editors And Interfaces) وإمكانيات

الشـرح والتوضيـح (Explanation Facilities) ووسـائل مراجعـة وتنقيـح قاعـدة المعرفـة (Knowledgebase Revision).

ويعتبر محرر النصوص (Text Editor) أحد أنواع مساعدات إكتساب المعرفة فاستخدامه يسهل مهمة إدخال المعرفة فى النظام والتقليل من إحتمالات الخطأ. وتحرير أى قاعدة معرفة بكفاءة يحتـاج إلى طريقة تشبه الطرق الروتينية لمسك الدفاتر (Bookkeeping). وعلى سبيل المثال فإن نظاما خبيرا مثل (EMYCIN) و (INTERLISP) لديـه وسائل هامـة لتحقيـق المهام المرتبطـة بذلك مثل تتبع القواعد التى لـم تكتمل وملاحظـة التغيـرات المستمرة لقاعدة المعرفـة وطلب المعلومـات المترتبـة على هذا التغيير. وعندما يتم انشاء أو تعديـل قاعدة فى نظام (EMYCIN) فإنـه يتـم تسجيل وقت وتاريخ ذلك والمستخدم القائم بالإنشاء أو التعديل ويتم تخزيـن ذلك جنبا إلـى جنـب مع نفس القاعدة وبذلك يمكن تحديد الشخص المسئول عـن إضافـة أو تعديـل تلك القاعـدة بقاعدة المعرفة. وهناك أنواع أخرى خاصة من المحررات (Editors) لبعض النظم الخبيرة الخاصة مثل (ROSIE , STAMMER , EMYCIN) والتى تساعد المستخدم أيضا فى تجنب أخطاء الكتابة بالكشف عنها وتصحيحها. كما أن هناك أنواعا أخرى من المحررات (Editors) على درجة عالية من التعقيد مثل تلك الموجودة فى(UNITS)، (AIMDS KAS)، (ACE)، (ONCOCIN)، (RLL) حيث أنها لا تختبر أخطاء الكتابة فقط ولكن تتعدى ذلك إلى إكتشاف أخطاء قواعد النحو للمعارف التى يتم تسجيلها بقاعدة المعرفة. كما أنها تقوم باختبار التناسق والتكامل للمعلومات التى يتم إدخالها وكشف الأخطاء فى المعنى والتى بالطبع لا يمكن إكتشافها بواسطة أدوات اختبار أخطاء الكتابة فقط.

وإمكانيات الشرح والتوضيح ذات فائدة كبيرة للنظم الخبيرة وهى تستخدم فى العديد منها مثل (EXPERT , KAS , EMYCIN) وهى تقوم بإيضاح المسببات التى بناء عليها تم الوصول إلى إجابة أى تساؤل مطروح على النظام الخبير. وتمثل هذه الإمكانيات فائدة كبيرة أثناء تنقيح وتطوير قاعدة المعرفة وخاصة أنها تتم عادة بأسلوب تفاعلى (Interactive) بين المستخدم والنظام الخبير وذلك فى صورة أسئلة وأجوبة فيما بينهما.

أما وسائل مراجعة وتنقيح قاعدة المعرفة فانها تقوم باختبار الإتسـاق والتناغـم الدلالـى (Semantic Consistency) للمعارف الموجودة بقاعدة المعرفة وتحديـد قواعد المعرفـة التى تتعارض مع سائر القواعد وذلك لإعادة النظـر فيها وتعديلها أو حذفها. فمثلا فى نظام مثل (TEIRESIAS) إذا قام المستخدم بإضافة أى قاعـدة معرفة يتم اختبارها ومقارنتها مع باقى القواعد المماثلة لضمان تكاملها واتساقها وتناغمها معهم. كما أن هناك بعض النظم الخبيرة التى تقترح أيضا أى تعديل مطلوب فى قواعد المعرفة بناء على ذلك الإختبار مثل النظم (EXPERT)، (EMYCIN).

١١ - ١٤ مثال لسيناريو بناء نظام خبير

يوضح السيناريو التالى بعض الخطوات الرئيسية التى يتبعها مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) خلال بناء نظام خبير لحل مشكلة التسرب الكيميائى (Chemical Spill) لأحد معامل تكرير البترول فى خليج السويس والذى سنشير إليه بالإسم (أورنيل).

يواجه مدير أورنيل مشكلة خاصة بالتسرب الكيمائى من المنشآت الخاصة بالعمل فى الشركة. وتعليمات الحكومة المصرية وجهاز شئون البيئة تمنع أى تسرب لزيت البترول أو أى مواد كيماوية تمثل خطورة على البيئة إلى أى مسطحات وقنوات مائية داخل الجمهورية أو فى البحار التى تحيط بجمهورية مصر العربية. ولشركة أورنيل ما يقرب من ٢٠٠ مبنى على مساحة ٢٠٠ كيلو متر مربع، منهم ٩٣ موقع على خليج السويس. ويتم تخزين الزيوت والكيماويات الضارة واستخدامها بكثرة فى شركة أورنيل. وتتلخص المشكلة فى رصد ومراقبة ومنع انتشار التسرب الضار لهذه النوعية من المواد.

وقد كلف مدير شركة اورنيل رئيس قسم الكيمياء بالشركة بالتصدى لهذه المشكلة، والذى حدد بدوره المطالب اللازمة لذلك والتى تشمل نظام حاسب آلى يحتوى على خبرات المتخصصين فى مجال رصد التسرب الكيميائى ومنع انتشاره. وبالبحث والتقصى بالشركة وجد أن هناك أحد العاملين المتخصصين بقسم الحاسبات بالشركة لديه الخبرة فى إنشاء وبناء هذه النوعية من النظم وتم تكليفه بالقيام بدور مهندس المعرفة لبناء النظام المطلوب.

وكانت أول خطوات مهندس المعرفة بالطبع هى التعرف على المشكلة المطروحة والمجال الخاص بها. ويتضمن ذلك تحديد مصادر المعرفة المطلوبة (كتب - دوريات - خبراء) وذلك بزيارة مواقع التسرب ومناقشة المتخصصين والعاملين بها وذلك للإلمام بأكبر قدر ممكن من جوانب المشكلة. كما قام مهندس المعرفة بالإطلاع على أى تقارير خاصة بأى تسرب سبق حدوثه. وأخيرا، ومن قسم الكيمياء يعثر مهندس المعرفة على خبير مناسب للمشكلة المطروحة يوافق على التعاون معه فى بناء النظام المطلوب.

وأثناء قيام مهندس المعرفة بالتعرف والإلمام بالمشكلة يكون قد تكون لديه أيضا فكرة عامة عن مهام الإستدلال المنطقى المطلوب من النظام الخبير أداؤها. وفى حالة مشكلة التسرب الكيميائى فإنه يبدو للوهلة الأولى أن المهمة الأساسية تنحصر فى التعرف على نوعية المادة المتسربة ومصادر تسربها. وكمهمة إختيارية يمكن طلب النظام الخبير لمراقبة تطور التسرب من خلال التحاليل المعملية وإدارة مهمة الطاقم المكلف بمعالجة التسرب ومنع إنتشاره وتزويده بالطرق المناسبة لذلك. وتعتبر هذه المهام وطبيعتها عاملا أساسيا فى تحديد اللغة المطلوب استخدامها فى صياغة مجال المعرفة المطلوب (Formalizing The Domain Knowledge).

وبعد عدة أسابيع قليلة من هذه الدراسة العامة يشعر مهندس المعرفة باطمئنان وقناعة كافية تجاه مجال المشكلة المطروحة وما يصاحبها من أمور تتعلق بها وبما يؤهله للتحاور المثمر مع خبير المجال. وبعد ذلك يقوم مهندس المعرفة بعقد عدة لقاءات مع خبير المجال لتحديد خصائص المشكلة بصورة أكثر دقة ومن جميع جوانبها. وخلال هذه اللقاءات يقوم مهندس المعرفة وخبير المجال بتحديد حيز المشكلة وحصرها فى نطاق يمكن معه بناء النظام الخبير المناسب والفعال. ولذلك ينتهى قرارهما إلى التركيز على تحديد نوع ومكان التسرب وأساليب منع انتشاره .(Identifying , Locating , And Containing The Spill)

وبعد التحديد المناسب لحل المشكلة يقوم مهندس المعرفة بتحديد المفاهيم الأساسية اللازمة لأداء المهام المطلوبة لحلها والتى إنتهى القرار إلى التركيز عليها. ثم يقوم بعد ذلك بعمل جدول زمنى لعقد لقاءات متنوعة مع خبير المجال على مدى عدة أشهر وذلك لإلقاء مزيد من الضوء على المفاهيم الأساسية التى سبق التوصل إليها وتحديد العلاقات المبدئية فيما بينها وكذلك التعاريف والمصطلحات اللازمة لبحث المشكلة والحلول المقترحة لها. وخلال هذه اللقاءات يحاول مهندس المعرفة إدراك المفاهيم الهامة والمرتبطة بالمشكلة المطروحة وذلك بسؤال خبير المجال مجموعة من الأسئلة توضح إجاباتها تبرير الإستدلال المنطقى المستخدم للتعامل مع الأنواع المحددة من التسرب الكيميائى والمشاكل المترتبة عليها. وكمثال للحوار الذى يتم بين مهندس المعرفة وخبير المجال فى أحد هذه اللقاءات الأولية ما يلى :

مهندس المعرفة : نفترض أنه تم إخبارك أن التسرب قد حدث وتم إكتشافه فى أحد المصبات الموصلة إلى الخليج وذلك على مسافة كيلو متر واحد قبل وصولها إلى مياه الخليج ، فماذا تفعل فى هذه الحالة لمنع إنتشار هذا التسرب ؟

خبير المجال : ذلك يعتمد على عوامل كثيرة ، فأنا أحتاج إلى إيجاد المصدر الرئيسى للتسرب وذلك لمنع إحتمالات مزيد من التسرب والتلوث ويمكن أن يتم ذلك باختبار المصارف وفتحات الدخول إليها للعثور على أى علامات للمادة المتسربة. وهذا يساعد على معرفة نوعية المادة المتسربة.

مهندس المعرفة : كيف يمكنك معرفة نوعية المادة المتسربة ؟

خبير المجال : يمكن معرفة ذلك للوهلة الأولى فى بعض الأحيان من رائحتها. وفى بعض الحالات يمكن تحديد ذلك من اللون ، ولكن ذلك لا يمكن الإعتماد عليه كلية لأن الأصباغ تستخدم بكثرة هذه الأيام. ومن ناحية أخرى فإن الزيت يطفو على السطح مكونا طبقة فضية بينما تذوب الأحماض تماما فى الماء. وبمجرد إكتشاف نوع المادة المتسربة ، فإنه يمكن استبعاد المواقع والأبنية التى لايتم تخزين هذه النوعية من المواد بها ، أو لا يتم تخزين كمية كافية لإحداث التسرب الذى حدث.

وينصت مهندس المعرفة إلى خبير المجال بعناية كبيرة أثناء الحوار بينهما للحصول على شكل المعرفة المستقاة من الخبرة ليقوم بوضع تصور لكيفية تمثيل الخبرة بالأسلوب الملائم وذلك باستخدام أحد الأساليب التى تم التعرض لها من قبل لتمثيل المعرفة فى النظم الخبيرة. وبالإضافة إلى تسجيل المصطلحات والألفاظ التى يستخدمها الخبير يقوم مهندس المعرفة بملاحظة طبيعة التراكيب التنظيمية التى يبدو أن خبير المجال يستخدمها. فعلى سبيل المثال، يمكن أن توجد أصناف من المواد ذات مواصفات عامة تفرقها بوضوح عن باقى المواد الأخرى. ومثل هذا التصنيف يمكن أن يساعد إلى حد كبير على تنظيم مئات المواد التى يمكن أن تكون مخزنة فى أى موقع وتحديد الضار والغير ضار منها.

وهناك شكل آخر من المعارف يقوم مهندس المعرفة بالإنصات إليها بعناية أثناء حواره مع خبير المجال وهى الاستراتيجيات الأساسية التى يستخدمها الخبير عندما يقوم بأداء عمله. ما هى الحقائق التى يحاول الخبير تأسيسها فى البداية ؟ ما هى نوعية الأسئلة التى يقوم الخبير بسؤالها ؟ هل يقوم الخبير بعمل تخمينات مبدئية لأى شىء مبنى على معلومات مؤقتة ؟ وفى هذه الحالة، كيف يقوم الخبير بتحديد أى الأسئلة يقوم بسؤالها وذلك لتنقيح وتنقية هذه التخمينات ؟ وما هو الترتيب الذى يقوم به الخبير لأداء عمله، وهل يتغير هذا الترتيب طبقا للحالة ؟ وعندما يتم تزاوج هذين الشكلين من المعارف، يتم تكوين ما يطلق عليه بنية الإستدلال المنطقى للنظام الخبير (Expert System's Inference Structure). وبالإضافة إلى ذلك يقوم مهندس المعرفة بالإنصات أثناء حواره مع خبير المجال إلى تبريراته لكل ما يستخدمه من طرق وأساليب واستراتيجيات وما يتعرض له من ألفاظ ومصطلحات وذلك للوصول إلى حل للمشكلة المعروضة عليه. ويعتبر تسجيل ذلك على درجة كبيرة من الأهمية، ليس فقط بهدف الإيضاح لمهندس المعرفة، ولكن للوصول إلى تسجيل وثائقى مناسب للنظام وعمل نظام شرح وتوضيح كامل له، مما يسهل إلى حد كبير مهمة تصميم وبناء النظام الخبير وتطويره وتعديله مستقبلا.

وبانتهاء الحوار المبدئى مع خبير المجال والذى تم التعرض لمثال مبسط له، تكون نتيجته مجموعة من المفاهيم بعضها أساسى كما قد يكون البعض الآخر غير أساسى وكمثال يمكن أن تتضمن هذه المجموعة من المفاهيم ما يلى :

* Task : Identification of spill material
* Attributes of spill
  - Type of spill: Oil , acid
  - Location of spill: <A set of drains and manholes >
  - Volume of spill: <A number of liters>
* Attributes of material

Color: Silvery, clear, etc.

Odor: Pungent/choking, etc.

Does it dissolve ?

Possible locations: <A set of buildings >

Amount stored: <A number of liters>

وهى تعنى بالترتيب مايلى :

- المهمة : التعرف على المادة المتسربة
- صفات التسرب :

نوع التسرب : زيت ، حامض

موقع التسرب : <امجموعة من المصارف وفتحات الدخول إليها >

حجم التسرب : < عدد من اللترات >

- صفات المادة المتسربة :

اللون : فضى ، شفاف ، الخ.

النكهة : لاذع ، خانق ، الخ.

هل تذوب ؟

- المواقع المحتملة : < مجموعة من المبانى >

الكميــة المخزنـة : < عدد من اللترات >

ويلاحظ أن مهندس المعرفة تعمد فى هذه المرحلة إغفال بعض المصطلحات والألفاظ مثل الإعتمادية (reliability) والأصباغ (dyes) التى ظهرت فى الحوار مع خبير المجال وذلك لتبسيط المهمة فى هذه المرحلة. وخلال تلك المرحلة ، وهى مرحلة تكوين المفاهيم الأساسية (Conceptualization) ، يقوم مهندس المعرفة أيضا بالتفكير فى كيفية تشكيل المعارف التى تم الحصول عليها. وهذه المهمة تشمل اختيار التنظيم والوسيلة المناسبة لاستخدام التطبيق المطروح. ومن خلال مناقشاته مع خبير المجال يكتشف مهندس المعرفة أن المعلومات التى يتم الحصول عليها يمكن تشكيلها فى صورة قواعد إنتاج (Production Rules) حتى يمكن وضعها فى قاعدة المعرفة (Knowledge Base) كما أنه يكتشف أيضا أن أسلوب البحث الشجرى (Tree-Searching) والإدخال غير المتزامن للنظام (Asynchronous Input/output) تعتبر أجزاء مكملة ولازمة للنظام. وبذلك فانه يجد أن استخدام حزم برامج مثل (EMYCIN) ، (KAS) ، (EXPERT) تصبح غير مناسبة. وبعد تفكير وبحث عميقين يقرر مهندس المعرفة أن استخدام حزم مثل (ROSIE) ، (OPS5) تعتبر مناسبة للنظام ، ويقوم باختيار (ROSIE) لاعتقاده أن لغتها القريبة من اللغة الانجليزية ستساعد على بناء النظام المطلوب بسرعة.

وكخطوة أولى لاختبار مدى ملاءمة استخدام (ROSIE) لهذه النوعية من التطبيق ، يحاول مهندس المعرفة تمثيل المفاهيم والمقومات الأساسية السابقة باستخدام أسلوب (ROSIE) لتمثيل المعرفة. وليس مجال هذا الكتاب التعرض لتفاصيل حزمة بناء نظم خبيرة بعينها مثل (ROSIE) ولكن يتم استخدامها هنا كمثال فقط. وباستخدام (ROSIE) يتم تحويل المفاهيم والمقومات الأساسية سالفة الذكر والتى توصل إليها مهندس المعرفة لتكون فى الصورة التالية :

Assert each of BUILDING 3023 and BUILDING 3024 is a building.
Assert S6 – 1 is a source in BUILDING 3023.
Assert S6 – 2 is a source in BUILDING 3024.
Assert S6 – 1 does hold 2000 gallons of gasoline.
Assert S6 – 1 does hold 50 gallons of acetic acid.
Assert each of d6 – 1 and d6 – 2 is a drain.
Assert each of m6 – 1 and m6 – 2 is a manhole.
Assert any drain is a location and any manhole is a location.
Assert each of diesel oil, hydraulic oil, transformer oil , and gasoline is an oil.
Assert each of sulfuric aid, hydrochloric acid and acetic acid is an acid.
Assert every oil is a possible-material of the spill
    and every acid is a possible-material of the spill.
Assert the spill does smell of [some material. e.g. gasoline. vinegar, diesel oil].
Assert the spill does have [some odor. e.g. a pungent/choking. no] odor.
Assert the odor of the spill [is, is not] Known.
Assert the spill does from [some appearance. e.g. a silvery film,no film].
Assert the spill [does, does not] dissolve in Water.

ويلاحظ أنها على شكل تأكيدات (Assertions) ، وتستخدم الأقواس المربعة هنا ليتم داخلها تحديد الإختيارات المتاحة لهذه التأكيدات. ويقوم مهندس المعرفة باستخدام ذلك لتمثيل المعرفة على هيئة مجموعة من القواعد والتى تحتوى على طرق الخبير فى التعرف على نوعية المادة المتسربة. ويعتبر هذا التمثيل الخطوة الأولى نحو تنفيذ النموذج المبدئى (Initial Prototype) للنظام الخبير المطلوب. وتكون هذه القواعد كما يلى :

To determine-spill:
[1] If the spill does not dissolve in water
    and the spill does form a silvery film.
  let the spill be oil.

[2] If the spill does dissolve in water
and the spill does form no film,
let the spill be acid.
[3] If the spill = oil
and the odor of the spill is Known,
choose situation:
if the spill does smell of gasoline,
let the material of the spill be
gasoline with certainty 0.9;
if the spill does smell of diesel oil,
let the material of the spill be
diesel oil with certainty 0.8.
[4] If the spill = acid
and the odor of the spil is Known,
choose situation:
if the spill does have a pungent/choking odor,
let the material of the spill be
hydrochloric acid with certainty 0.7;
if the spill does smell of vinegar,
let the material of the spill be
acetic acid with certainty 0.8.
End.

وبذلك يكون لدى مهندس المعرفة مجموعة من القواعد والمفاهيم التى تعكس التصور المبدئى للتعرف على نوعية المادة المتسربة. وهذا التصور يعكس عدة افتراضات حول تمثيل المعارف التى تم الحصول عليها فى البداية. فالإفتراض الأول هو إمكانية استخدام قواعد الإنتاج لتمثيل المعرفة المرتبطة بالمشكلة المعروضة. والإفتراض الثانى هو أن أسلوب (ROSIE) الخاص ببناء قاعدة المعرفة يحقق التمثيل الدقيق للمفاهيم والمقومات الأساسية التى يعرضها خبير المجال. والإفتراض الثالث هو أن بنية التحكم الموجودة بـ (ROSIE) والتى تستخدم لتطبيق القواعد تتفق مع إستراتيجية الحل التى يستخدمها خبير المجال. والإفتراض الرابع والأخير هو أن هذه القواعد تعكس الطرق والأساليب التى يتبعها خبير المجال عندما يقوم بحل المشكلة.

ويقوم مهندس المعرفة بتقييم مدى صحة هذه الإفتراضات وذلك بالقيام بالعديد من الإختبارات لهذا النموذج المبدئى. ويقوم بعد ذلك بعرض القواعد على خبير المجال واختبارها أمامه وعرض النتائج عليه لتقييمها ، ونتيجة لذلك يمكن أن يدور الحوار التالى بينهما :

مهندس المعرفة : هذه هى بعض القواعد التى أعتقد أنها تمثل تفسيرك لكيفية تحديد نوع المادة المتسربة وعزل المصادر المحتملة لهذا التسرب ماذا ترى ؟

خبير المجال : نعم ، هذا يمثل إلى حد كبير ماقلته. ولكن إذا كانت المادة المتسربة نيترات الفضة (Silver Nitrate) فإنها تذوب جزئيا فقط فى الماء.

مهندس المعرفة : حسنا ، دعنا نضيف هذه المعلومة إلى قاعدة المعرفة ولنرى كيف ستبدو حينئذ.

ويقوم مهندس المعرفة بتعديل قاعدة المعرفة وذلك بتنقيح قواعد الإنتاج الموجودة فى النموذج المبدئى وبما يتفق مع المعلومة الجديدة التى طرحها خبير المجال. ويرى هنا اضافة قاعدة جديدة تتعامل مع نيترات الفضة. وبعد مناقشة مستفيضة مع خبير المجال يتم الإتفاق على تغيير التعبير الأساسى الخاص بالذوبان (Dissolving) إلى تعبير آخر أكثر عمومية وهو القابلية للذوبان (Solubility) بالنسبة للمادة المتسربة. ونتيجة لذلك فإن الإضافة والحذف والتعديل التالى يتم عمله فى قاعدة المعرفة :

Add : Assert the solubility of the spill is
[some level-high, moderate, low].

Delete: Assert the spill [does, does not] dissolve in water.

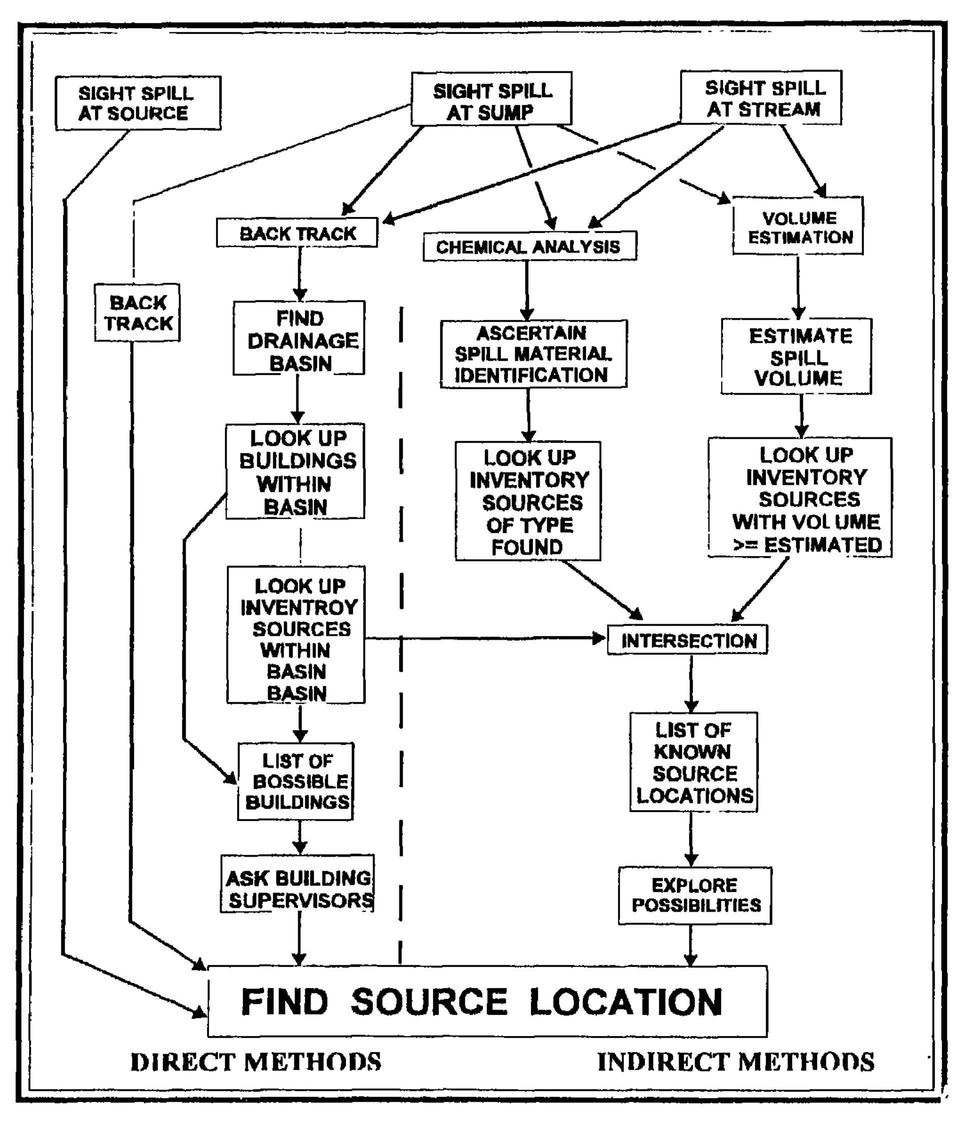
Modify: [1] If the solubility of the spill is low
and the spill does form a silvery film,
let the spill be oil.

Add: [1.5] If the solubility of the spill is moderate.
let the material of the spill be silver-nitrate
with certainty 0.6.

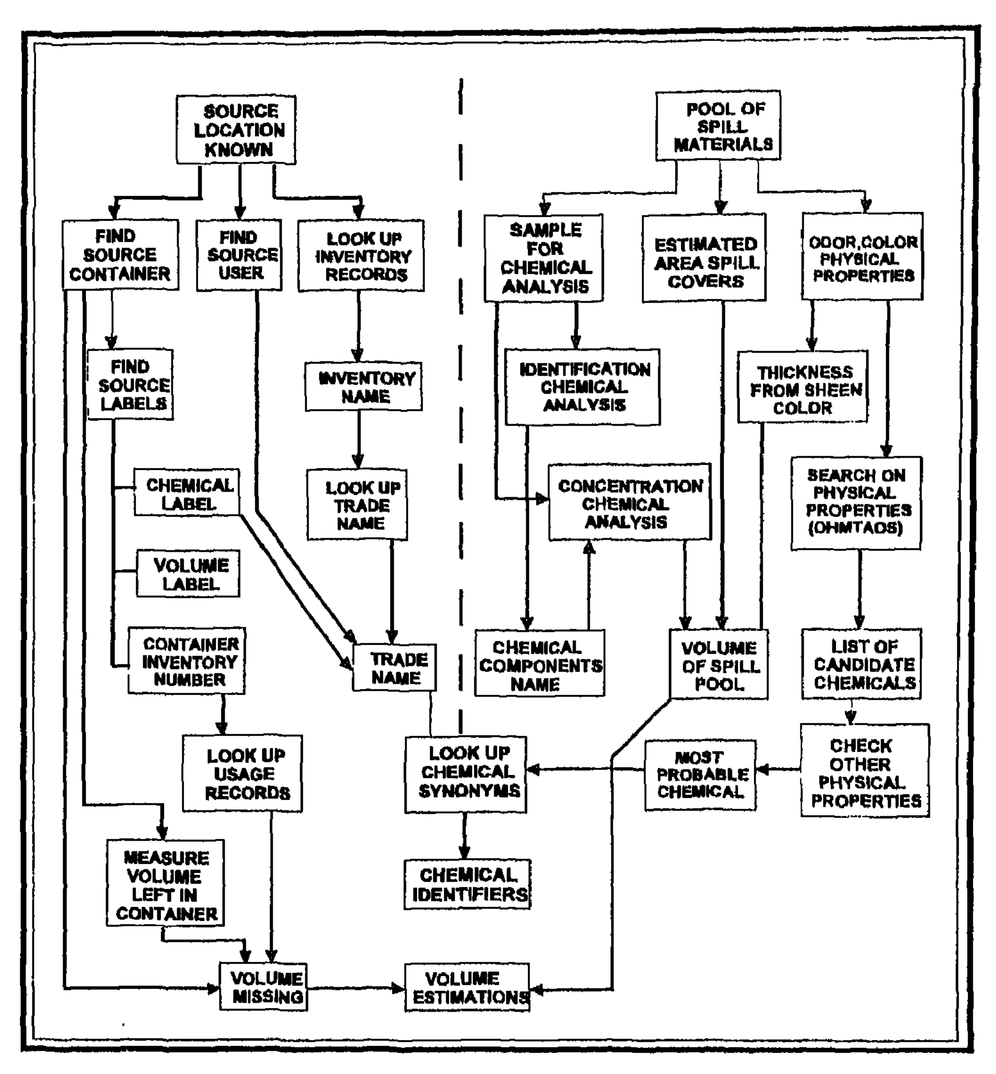
Modify: [2] If the solubility of the spill is high
and the spill does form no film.
let the spill be acid.

وبعد عدة شهور يتم خلالها عقد جلسات حوار مع خبير المجال يمكن بناء قاعدة معرفة تتضمن عدة مئات من القواعد. ويقوم مهندس المعرفة بمداومة تنقيح وتطوير قاعدة المعرفة لعدة شهور اخرى ، ويمكن الاستعانة بمزيد من الخبراء فى المجال وذلك لاختبار مدى دقة وترابط آراء ومقترحات خبير المجال الذى تم الإستعانة به من قبل. كما يمكن أيضا جمع بيانات عن حوادث تسرب حقيقية واستخدامها لاختبار النظام ومدى دقته وكفاءته. وبذلك ، وبعد فترة ما يقرب من عام من

الجهد المركز ، يكون مهندس المعرفة قد أكمل بناء النظام الخبير . وخلال عدة شهور أخرى يتم اختبار النظام عمليا فى مواقع مختلفة وإعادة تنقيحه وتطويره بناء على التغذية العكسية الناتجة من الإختبارات الميدانية. وبعد ذلك يمكن بكفاءة وفاعلية تحويل النظام الخبير من النموذج المبدئى إلى النظام الخبير الذى يمكن الإعتماد عليه بكفاءة فى العمل ، ويوضح شكل (١١ - ٢٠) الأساليب المتنوعة للمساعدة فى تحديد مكان التسرب الذى يحدث ، ويوضح شكل (١١ - ٢١) الإستراتيجيات العامة المستخدمة للتعرف على حجم ونوعية التسرب.



شكل (١١ - ٢٠)



SOURCE LOCATION KNOWN
FIND SOURCE CONTAINER
FIND SOURCE USER
LOOK UP INVENTORY RECORDS
FIND SOURCE LABELS
INVENTORY NAME
CHEMICAL LABEL
LOOK UP TRADE NAME
VOLUME LABEL
CONTAINER INVENTORY NUMBER
TRADE NAME
LOOK UP USAGE RECORDS
LOOK UP CHEMICAL SYNONYMS
MEASURE VOLUME LEFT IN CONTAINER
CHEMICAL IDENTIFIERS
VOLUME MISSING
VOLUME ESTIMATIONS
POOL OF SPILL MATERIALS
SAMPLE FOR CHEMICAL ANALYSIS
ESTIMATED AREA SPILL COVERS
ODOR,COLOR PHYSICAL PROPERTIES
IDENTIFICATION CHEMICAL ANALYSIS
THICKNESS FROM SHEEN COLOR
CONCENTRATION CHEMICAL ANALYSIS
SEARCH ON PHYSICAL PROPERTIES (OHMTADS)
CHEMICAL COMPONENTS NAME
VOLUME OF SPILL POOL
LIST OF CANDIDATE CHEMICALS
MOST PROBABLE CHEMICAL
CHECK OTHER PHYSICAL PROPERTIES

شكل (١١-٢١)

الفصل الثانى عشر

أمثلة عملية للنظم الخبيرة



نستعرض فى هذا الفصل نبذة مختصرة عن بعض النظم الخبيرة المختارة من مجالات تطبيق مختلفة ومتعددة مما يعطى إنطباعا لدى القارىء بمدى ماحققه مجال النظم الخبيرة من غزو لمعظم مجالات الحياة وفروع العلم والمعرفة المختلفة.

١٢ - ١ بعض النظم الخبيرة فى مجال الطب(Medicine)

النظام الخبير (ABEL)

يقوم بمساعدة الأطباء فى المستشفيات على تشخيص الإضطرابات العضوية الناجمة عن إضطرابات التحلل الكهربى ونسبة الحموضة فى المرضى وذلك بتطبيق المعارف الخاصة بأعراض الأمراض الناتجة عن ذلك. وقد تم بناء هذا النظام فى كلية (MIT) بالولايات المتحدة الأمريكية. ويتم تمثيل المعرفة فيه باستخدام أسلوب من أساليب شبكات الألفاظ الدلالية(Semantic Nets) يطلق عليه شبكة السببية (Causal Network) والتى تقوم بتوصيف العلاقات بين الأمراض ومسبباتها بأسلوب السبب وأثره (Cause - Effect).

النظام الخبير (AI/COAG)

ويقوم بمساعدة الأطباء فى تشخيص أمراض التجلط الدموى (Diseases of Homeostasis) وذلك بتحليل وتفسير النتائج المعملية لاختبارات تجلط الدم (Blood Coagulation) وقد تم بناء هذا النظام بكلية الطب بجامعة ميسورى الأمريكية وقد تم تنفيذه فى مرحلة النموذج البحثى على جهاز ميكروكمبيوتر (DEC LSI - 11).

النظام الخبير (AI/MM)

ويقوم بتحليل سلوك وتصرف وظائف الأعضاء المرتبطة بالكليتين (Renal Physiology) ويقوم بشرح الأسباب والمبادىء التى تم بناء عليها هذا التحليل. ويقوم النظام بالإجابة على الإستفسارات الخاصة بمدلول قيم بعض العناصر مثل كمية الماء بالجسم ، وتفسير بعض الظواهر مثل الإمتصاص الغير طبيعى للماء بالجسم. وتتضمن المعارف والخبرة المخزنة فى (AI/MM) قوانين الفيزياء وعلم التشريح (Anatomy) والمبادىء الأساسية لعلم وظائف الأعضاء (Physiology) والمعرفة التجريبية المبنية على الملاحظة والإختبار للعمليات والمهام المرتبطة بوظائف الأعضاء. ويتم تمثيل المعرفة كقواعد إنتاج وقد تم إنتاجه بجامعة ستانفورد الأمريكية.

النظام الخبير (AI/RHEUM)

ويساعد الأطباء فى تشخيص أمراض الأنسجة الضامة (Connective Tissues) بأقسام الروماتيزم بالمستشفيات وذلك بتطبيق أساليب التشخيص المختلفة المستقاة من خبراء الأمراض الروماتيزمية. ويستخدم النظام أعراض المرض من المريض بالإضافة إلى التحاليل المعملية وذلك للمساعدة فى تشخيص سبعة أمراض منها التهاب المفاصل الروماتيزمى(Rheumatoid Arthritis) ويتم تمثيل المعرفة فى (AI/RHEUM) باستخدام قواعد الإنتاج من خلال حزمة البرامج (EXPERT) ويتم الإستدلال المنطقى باستخدام التسلسل المتقدم (Forward Chaining). وقد تم إنتاجه بكلية الطب بجامعة ميسورى الأمريكية.

النظام الخبير (ANGY)

ويقوم بمساعدة الأطباء فى تشخيص ضيق الأوعية الدموية التاجية (Coronary Vessels) ويتم تمثيل الخبرة فى هذا النظام باستخدام القواعد من خلال حزمة البرامج (OPS5) ولغة برمجة (LISP). وقد تم بناء نظام (ANGY) بجامعة بنسلفانيا.

النظام الخبير (BABY)

وهو يساعد أطباء الأطفال فى المستشفيات على مراقبة ومتابعة الأطفال الحديثى الولادة والموجودين فى وحدات العناية المركزة الخاصة بهم(Newborn Intensive Care Unit)(NICU) ويحتوى (BABY) على الخبرات الطبية فى مجال الأطفال حديثى الولادة واللازمة لتفسير البيانات الطبية والصحية والإحصائية الخاصة بهم. ونظام (BABY) نظام خبير مبنى على القواعد (Rule - Based System) ، ويتم الإستدلال المنطقى فيه باستخدام أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining). وقد تم بناؤه فى جامعة الينوى الأمريكية.

النظام الخبير (BLUE BOX)

وهو يقوم بتقديم النصح والمشورة للطبيب في اختيار العلاج المناسب لعلاج المرضى الذين يشكون من الإحباط. ويستخدم النظام المعارف عن أعراض المرض على المريض ومعلومات عن التاريخ الطبى والنفسى للمريض وعائلته والأدوية التى تناولها وذلك لتشخيص نوع الإحباط وحدوده واقتراح خطة العلاج المناسبة للتحكم فيه. ونظام (BLUE BOX) مبنى على

القواعد (Rule - Based) وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EMYCIN).

النظام الخبير (CLOT)

وهو يساعد الأطباء على تقييم حدوث أى اضطرابات فى نظام تجلط الدم بالجسم (Blood Coagulation System) ويقوم بتشخيص النزيف الناتج عن أى خلل فى أى من النظامين الفرعيين لتجلط الدم بالجسم وهما (Platelet-Vascular) أو (The Coagulative) . ونظام (CLOT) نظام مبنى على القواعد (Rule - Based System) ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع (Backward Chaining) فى الإستدلال والإستنتاج المنطقى ، وقد تم بناؤه بجامعة استانفورد بالولايات المتحدة الأمريكية باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EMYCIN).

النظام الخبير (DIAGNOSER)

وهو يساعد الأطباء على تشخيص أمراض القلب وخاصة (Cardiac Anomaly) والمعروفة بالتوصيف (Total Anomalous Pulmonary Venous Connection) وهو نظام خبير يستخدم قواعد مطمورة داخل أطر (Rules Embedded in Frames) وقد تم بناؤه باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعى (LISP 1.4) بجامعة مينيسوتا بالولايات المتحدة الأمريكية.

النظام الخبير (EMERGE)

يساعد الأطباء فى تحليل آلام الصدر (Chest Pain) فى غرفة الطوارئ بالمستشفيات. ويحدد النظام الخبير ما إذا كانت حالة مريض الطوارئ والذى يعانى من آلام فى الصدر تستحق الرعاية الطبية بالمستشفى من عدمه. كما أنه يقدم أيضا النصح بخصوص العلاج المطلوب بالإضافة إلى مدى خطورة الحالة. والنظام مصمم باستخدام قواعد إنتاج مدعمة بمعامل للثقة (Certainty Factor). وقد تم بناؤه باستخدام لغة إجرائية هى (PASCAL) ويعمل على الحاسبات الكبيرة (Mainframes) والمتوسطة (Minicomputers) والصغيرة (Microcomputers). وقد تم بناؤه بجامعة كاليفورنيا بلوس أنجيلوس (UCLA).

النظام الخبير (EXAMINER)

ويقوم بتحليل نتائج تشخيص الأطباء لحالات أمراض الباطنة ويقوم النظام بعرض حالة إفتراضية ، ويقوم الطبيب بتحديد المرض بناء على هذه الحالة الإفتراضية. ويقوم النظام بالتعليق

على تشخيص الطبيب واذا كان التشخيص غير صحيح يقوم بشرح أسباب عدم صحته وذكر التشخيص الصحيح وأسباب ذلك أيضا. وتم بناء النظام بجامعة بيتسبرج باستخدام لغة (LISP).

النظام الخبير (GUIDON)

وهو يوجه طلبة الطب إلى اختيار العلاج المضاد للميكروبات لنزلاء المستشفيات والذين يعانون من أمراض بكتيرية معدية. ويقوم النظام الخبير باختيار حالة مرضية معينة ويقوم بحلها. ثم يقوم بعد ذلك بعرضها على طلبة الطب لحلها ، ويقوم بعد ذلك بتحليل ما توصل إليه الطلبة من حلول. ومن هذه التحليلات يقوم النظام بتحديد مدى توافق معلومات الطلبة وأسلوب تحليلهم للحالة المعروضة عليهم. واذا كان هناك أى إختلاف عن الحل المفروض يقوم النظام بتفسيره للطلبة وشرح الأسلوب الصحيح للحل لهم. ونظام (GUIDON) مبنى على القواعد (Rule - Based System) وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام لغة برمجة الذكاء الإصطناعى (INTERLISP).

النظام الخبير (HEADMED)

ويقدم النصح والمشورة للأطباء عن الأمور المتعلقة باستخدام عقاقير الأمراض النفسية وذلك بتشخيص مجموعة من الأمراض النفسية والتوصية الطبية بالعلاج والأدوية المناسبة. وقد تم بناء هذه النظام الخبير باستخدام (EMYCIN) بجامعة كاليفورنيا بارفين بالولايات المتحدة الأمريكية.

النظام الخبير (MDX)

ويقوم بتشخيص أسباب وجود مجموعة الأمراض المزمنة للكبد (Liver Syndrome) والمعروفة باسم (Cholestasis). ويقوم النظام الخبير بإجراء التشخيص إعتمادا على تاريخ المريض ، الأعراض والعلامات وبيانات المستشفى. وتمثل المعرفة فى (MDX) باستخدام القواعد والأطر (Rules And Frames). واستخدم فى بنائه لغة (LISP) بجامعة أوهايو.

النظام الخبير (MECS - AI)

ويساعد الأطباء فى عمل التشخيص المطلوب واقتراح العلاج اللازم لأمراض الأوعية الدموية للقلب (Cardiovascular) وأمراض الغدة الدرقية (Thyroid). وهو نظام خبير مبنى على القواعد (Rule -Based) ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع (Backward Chaining). وقد تم بناؤه بجامعة طوكيو باستخدام لغة (INTERLISP).

النظام الخبير (MI)

ويساعد الأطباء فى تشخيص الذبحة الصدرية (Myocardial Infarction) من خلال تحليل أنشطة الإنزيمات. ويصل النظام الخبير إلى تشخيصه باختبار المستويات المرتفعة لبعض الإنزيمات الموجودة فى الدم خلال فترة عدة أيام. ونظام (MI) مبنى على القواعد (rule - based) وتم بناؤه فى جامعة روتجرز باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EXPERT) والتى تم تعديلها ليمكنها تمثيل وتنفيذ القواعد التى تعتمد على الزمن (Time - Dependent) ، ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) للإستدلال المنطقى.

النظام الخبير (MODIS)

ويساعد الأطباء فى تشخيص الحالات المختلفة لضغط الدم الشريانى المفرط (Arterial Hypertension). ويقوم النظام الخبير أولا بجمع المعلومات عن المريض مثل الأعراض التى يشعر بها والمشاكل التى تسببها له ونتائج الاختبارات المعملية ثم يقوم بعد ذلك بفرض مجموعة من الأمراض لها نفس الظواهر والأعراض التى تتفق مع المعلومات التى تم جمعها عن المريض ثم يقوم باختيار المرض الأكثر قربا فى أعراضه والمشاكل التى يسببها لما يشكو منه المريض وذلك استنادا إلى خبرات الأطباء المختصين والمخزنة به. ويتم تمثيل المعرفة فى (MODIS) باستخدام شبكات الألفاظ الدلالية (Semantic Nets) والتى تحتوى على أطر (Frames) تشمل شقوبها (Slots) قواعد (Rules) وبيانات (Data). وقد تم بناؤه باستخدام لغة البرمجة (LISP).

النظام الخبير (MYCIN)

ويساعد الأطباء فى اختيار العلاج المناسب لمرضى المستشفيات والمصابين بأمراض تجرثم الدم (Bacteremia) والإلتهاب السحائى (Meningitis) والتهاب المثانة (Cystitis M) ويشخص النظام أسباب الإصابة بالمرض مستعينا بتاريخ المريض (Patient History) وأعراض المرض (Symptoms) ونتائج الإختبارات المعملية. ثم يقوم النظام الخبير بتقديم النصح والمشورة فى العلاج الطبى المناسب ونوعية وجرعات الدواء المطلوب وذلك طبقا للطرق والأساليب التى يتبعها الأطباء ذوو الخبرة فى علاج هذه النوعية من الأمراض. ونظام (MACIN) مبنى على القواعد (rule - based) ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع (Backward Chaining) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام لغة (LISP)

النظـام الخبير (MEOMYCIN)

ويساعد الأطباء على تشخيص وعلاج أمراض الإلتهاب السحائى (Meningitis) والأمراض المشابهة. وهذا النظام الخبير يستخدم القواعد والتى يتم تنظيمها طبقا لهرمية المرض وتستخدم أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناء (MEOMYCIN) بجامعة ستانفورد باستخدام لغة (INTERLISP-D).

النظـام الخبير (NEUREX)

يساعد الأطباء فى تشخيص الأمراض الخاصة بالجهاز العصبى مستعينا فى ذلك بنتائج الفحوص التى تجرى على الجهاز العصبى لتحديد أماكن الأعصاب التى يحتمل تلفها أو ضمورها وتصنيف المرضى طبقا لنتيجة هذه الفحوص حتى يمكن تحديد نظام العلاج المناسب لهم. وهو نظام خبير مبنى على القواعد (Rule - Based) ويستخدم التسلسل المتقدم (Forward Chaining) والتسلسل الراجع (Backward Chaining) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناء هذا النظام الخبير بجامعة ميريلاند باستخدام لغة (LISP).

النظـام الخبير (ONCOCIN)

ويساعد الأطباء فى العلاج والسيطرة على حالات مرضى السرطان والذين يكونون تحت تجارب العلاج الكيميائى الذى يسمى (Protocols). وهو نظام مبنى على القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع للإستدلال المنطقى. وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام لغة (INTERLISP).

النظـام الخبير (PATHFINDER)

ويقوم بمساعدة المتخصصين فى علم الأمراض (Pathologists) بتفسير الظواهر والنتائج التى يحصلون عليها من فحص أنسجة الغدة الليمفاوية (Lymph Nod Tissue) وهو يستخدم الأطر (Frames) لتمثيل المعرفة وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد.

النظـام الخبير (PEC)

ويقوم بمساعدة العاملين المبتدئين فى مجال الصحة العامة فى تشخيص وعلاج مشاكل العيون العامة. وتؤدى مجموعته الأولى من الأسئلة والتى تكون إجاباتها بنعم أو لا(مثل " هل العين حمراء ؟ ") إلى مجموعة أخرى من الأسئلة عن أعراض ما يعانيه المريض بالإضافة إلى معلومات أخرى عنه وعن

تاريخه المرضى. وعندما يتم تجميع كمية كافية من المعلومات يقوم النظام الخبير بعرض ملخص للحالة متبوعا بما تم التوصل إليه من تشخيص والتوصية بالعلاج المناسب. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام قواعد الإنتاج ويتم الإستدلال المنطقى من خلال أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) وقد تم بناء النظام بجامعة روتجرز باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EXPERT) ثم تحويله أتوماتيكيا بعد ذلك إلى لغة (BASIC) وذلك حتى يمكن استخدامه على أجهزة الميكروكمبيوتر.

النظام الخبير (PUFF)

يساعد الأطباء على تشخيص الإصابة بأمراض الرئة وتحديد مدى خطورتها وذلك استنادا إلى تفسير القياسات والنتائج الخاصة باختبارات التنفس والتى يتم إجراؤها فى معامل اختبار وظائف الرئتين. وهو نظام مبنى على القواعد ويستخدم التسلسل الراجع وتم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EMYCIN) بجامعة ستانفورد.

النظام الخبير (SPE)

ويقوم بالتفرقة بين الأسباب المختلفة لحالات الإلتهاب المختلفة عند المرضى (مثل تليف الكبد (Cirrhosis of the Liver) ، وأحد أشكال السرطان والمسمى (Cmyeloma) ،... الخ) وهو نظام مبنى على القواعد ويستخدم التسلسل المتقدم وقد تم بناؤه بجامعة روتجرز باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EXPERT).

النظام الخبير (SYSTEM D)

وهو يساعد الأطباء على تشخيص الأسباب المحتملة للإصابة بالدوار (Dizziness) ويمكن للنظام التعامل مع الحالات التى يمكن أن تكون أسباب الدوار لها متعددة. ويستخدم النظام الأطر (Frames) لتمثيل المعرفة. وقد تم بناؤه بجامعة ميريلاند باستخدام حزمة بناء نظم خبيرة يطلق عليها إسم (KMS).

النظام الخبير (VM)

ويقوم بالتشخيص واقتراح العلاج للمرضى الموجودين بغرفة العناية المركزة بعد إجرائهم لعمليات جراحية. وهو نظام مبنى على القواعد (Rule - Based) وتم بناؤه بجامعة إستانفورد باستخدام لغة (INTERLISP).

١٢ - ٢ بعض النظم الخبيرة فى مجال الهندسة

النظـام الخبير (CONPHYDE)

ويساعد المهندسين الكيمائيين على اختيـار طرق تقدير الخصائص الفيزيائيـة للمـواد السائلة. ويقوم النظام الخبير باختيار معاملات التـوازن بين الحالـة السائلة والحالـة الغازيـة واللازمـة لعمليات المحاكاة على اعتبار توفر المعلومات عن الدقة المطلوبة والتركيز المتوقع ودرجات الحرارة والضغـط. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام تـزاوج بيـن قواعـد الإنتـاج وشبكـــات الألفـاظ الدلاليـة. وقد تم بناء النـظام بجامعة كارنيجى - ميلون باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (KAS).

النظـام الخبير (DELTA)

وهو يساعد أفراد صيانة سيارات الديزل الكهربية على تحديد الأعطال وإصلاحهـا . ويقـوم النظام الخبير بعرض طريقة الاصلاح كاملة وذلك بعــرض جــميع الدوائـر والرسومـــات الخاصة بـالأجزاء المختلفة وتعليمات وخطوات الإصلاح الخاصة بعطل ما بمجـرد تحــديده. ونظـام (DELTA) مبنـى على القواعـد (rule - based) ، ويستخدم كلا مـن التسلسل المتقـــدم (Forward Chaining) والتسلسل الراجع (Backward Chaining) وقد تم بناؤه فى شركة جنرال إلكتريك باستخـدام لغـــة (LISP) وقد تم تطبيقه فيما بعد باستخدام لغة (FORTH) وذلك ليعمل على الحاسبات الصغيرة.

النظـام الخبير (NPPC)

وهو يساعد العاملين فى محطات الطاقة الكهربية والتى يتم تشغيلها بالطاقـة النوويـة فـى تحديـد أسباب الظواهر الغير مألوفة وذلك بتطبيق القواعد بالتزامن مع نموذج للعمل بالمحطة. وقد تم بنـاؤه بمعهد جورجيا للتكنولوجيا.

النظـام الخبير (REACTOR)

وهو يساعد العاملين بالمفاعلات النووية على تحديد وتحليل أسباب الحـوادث فـى هـذه المفـاعلات وذلك بمراقبة قرارات الأجهزة التى تقوم بمتابعــة الأنشطة المختلفـة بالمفـاعل النـووى مثـل معـدلات التغذية بالمياه ومستوى الإشعاع بحثا عن أى إنحراف عن معدلات الأداء المطلوبة للعمل. وعندمـا يقـوم النظام الخبير برصد أى انحراف فإنه يقوم بتقييم الموقف وإصدار التوصية بالتصرف المناسـب وذلـك بناء على المعلومات والمعارف المخزنة والمتضمنة مكونات المفاعل والعلاقـة بيـن الوظائف المختلفـة لهذه المكونات بالاضافة إلى السلوك المتوقع للمفاعل تحت ظروف حـوادث معروفـة. وهـو نظـام خبيـر

مبنى على القواعد ويستخدم كلا من التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع للإستدلال المنطقى. وقد تم بناؤه بواسطة شركة (EG & G) بإيداهو بأمريكا باستخدام لغة البرمجة (LISP).

النظام الخبير (SACON)

ويساعد المهندسين على تحديد إستراتيجيات التحليل المناسبة للخواص الميكانيكية للمواد. ويستخدم (SACON) المعارف الخاصة بالإجهاد (Stress) والإنحراف (Deflection) تحت ظروف الأحمال المختلفة وذلك لتحديد هذه الإستراتيجيات. ومن أمثلة تطبيقاته أجنحة الطائرات وأوعية الضغط بالمفاعلات النووية ، وأغلفة محركات الصورايخ والكبارى. وهو نظام خبير مبنى على القواعد (rule - based) ويستخدم التسلسل الراجع ، وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EMYCIN)

النظام الخبير (SPERIL - I)

ويقوم بعمل تقدير للخسائر المتوقعة فى هياكل الإنشاءات الموجودة والمعرضة لحدوث زلازل. وتمثل المعرفة فيه باستخدام قواعد الإنتاج ويتم الإستدلال المنطقى خلالها باستخدام التسلسل المتقدم (Forward Chaining) وقد تم بناء هذا النظام بكلية الهندسة المدنية بجامعة بوردو.

النظام الخبير (SPERIL - II)

ويقوم بتقييم درجة الأمان ومدى التدمير الممكن أن يلحق بالمنشآت القائمة فى حالة حدوث زلازل. وتمثل المعرفة على هيئة قواعد ، ويتم الإستدلال المنطقى باستخدام كل من التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع. وقد تم بناؤه بجامعة بوردو باستخدام لغة البرمجة (PROLOG).

النظام الخبير (STEAMER)

ويقوم بتدريب طلبة كلية الهندسة البحرية على تشغيل محطات الدفع بالبخار (Steam Propulsion Plant) ويعمل النظام بربط نموذج رياضى يمثل محطة الدفع مع برنامج أشكال ملونة متحركة على درجة عالية من التعقيد توضح الإجراءات المختلفة لمحطة الدفع وقد تم بناء النظام باستخدام لغة البرمجة (ZETALISP).

١٢ - ٣ بعض النظم الخبيرة فى مجال الزراعة

النظـام الخبير (PLANT / cd)

ويقوم بالتنبؤ بالتلفيات التى تحدث لمحصول الذرة نتيجة لدودة الساق السوداء (Black Cutworm) ويستخدم النظام المعلومات الخاصة بالحقل الموضوع تحت الدراسة مثل حالة التربة والأعشاب الضارة بالحقل. ويستخدم النظام توليفة من القواعد ومجموعة من برامج المحاكاة الخاصة بدودة الساق السوداء وذلك للحصول على التنبؤ المطلوب. ويتم تمثيل المعرفة باستخدام قواعد الإنتاج ويتم الإستدلال المنطقى باستخدام التسلسل الراجع (Backward Chaining). وتم بناء النظام بجامعة الينوى بأمريكا باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (ADVISE).

النظـام الخبير (PLANT / ds)

ويقوم بتقديم المشورة فيما يختص بتشخيص الأمراض التى تصيب فول الصويا باستخدام المعارف الخاصة بأعراض المرض والظروف البيئية لزراعة النبات. ويستخدم النظام معلومات مثل شهر حدوث الأعراض ، درجة الحرارة ، إرتفاع النبات ، حالة الأوراق ، والسيقان والبذور وذلك لتحديد نوع المرض من بين ١٥ نوعا محتمل إصابة النبات بهم. ويتم تمثيل المعرفة باستخدام القواعد وقد تم بناؤه بجامعة الينوى باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (ADVISE).

النظـام الخبير (POMME)

ويساعد المزارعين فى بساتين الفاكهة على تحسين إنتاج محصول التفاح بتقديم النصح والإرشادات اللازمة لهم فى هذا المجال. ويستخدم (POMME) كلا من القواعد والأطر لتمثيل المعرفة. وقد تم بناء النظام بمعهد التكنولوجيا بفرجينيا بالولايات المتحدة الأمريكية باستخدام لغة الذكاء الإصطناعى (PROLOG).

١٢ - ٤ بعض النظم الخبيرة فى مجال الجيولوجيا (Geology)

النظـام الخبير (DIPMETER ADVISOR)

ويقوم باستنتاج التركيب الجيولوجى للطبقات التى تقع تحت سطح الأرض وذلك بتفسير (Dipmeter Logs) وقياسات (Conductivity of Rocks) داخل حفرة صناعية يتم ثقبها وما حولها وذلك لأعماق مختلفة تحت سطح الأرض. ويستخدم النظام قواعد الإنتاج لتمثيل المعرفة

ويتم الإستدلال خلال قاعدة المعرفة باستخدام أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) وقد تم بناؤه باستخدام لغة الذكاء الإصطناعي (INTERLISP-D) في (Schlumberger - Doll Research).

النظام الخبير (DRILLING ADVISOR)

وهو يساعد ملاحظي آلات حفر آبار البترول في حل المشاكل المتعلقة بآلات الحفر والتي تلتصق بالحفر التي يتم حفرها أثناء عملية الحفر. ويقوم النظام بتحديد الأسباب التي يحتمل أن تكون سببا في هذا الإلتصاق ويوصي بمجموعة من الإجراءات والأساليب لتخفيف آثار المشكلة والحد من تكرارها. ويتم تمثيل المعرفة في هذا النظام باستخدام القواعد التي يتم الإستدلال خلالها باستخدام التسلسل الراجع.

النظام الخبير (LITHO)

ويساعد الجيولوجيين على تفسير البيانات المسجلة في سجلات آبار البترول. وتشمل هذه البيانات المنحنيات التي توضح كثافة الصخور (Rock Density) ، وقدرتها على المقاومة (Resistivity) ، وإرسال الصوت (Sound Transmission) ، والنشاط الإشعاعي (Radioactivity) ويستخدم النظام لتوفير المعارف الخاصة بالبيئة الجيولوجية للمنطقة بالإضافة إلى البيانات الواردة من سجلات الآبار وذلك لتحديد خصائص الصخور الموجودة في أي بئر من الآبار. ويتم تمثيل المعرفة في (LITHO) باستخدام القواعد والتي يتم استخدامها من خلال التسلسل الراجع (Backward Chaining) وقد تم بناؤه بواسطة (Schlumberger) باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EMYCIN).

النظام الخبير (MUD)

ويساعد المهندسين على الحفاظ على الخواص المثلى لسائل الحفر (Drilling Fluid) ويتم ذلك بتحديد أسباب المشاكل التي يتعرض لها سائل الحفر وإقتراح الأساليب والوسائل المناسبة لمعالجة هذه المشاكل. ونظام (MUD) مبني على القواعد (Rule - Based) ويستخدم التسلسل المتقدم (Forward Chainining) وقد تم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (OPS5) بالتعاون بين جامعة كارينجي ميلون وشركة نل بارويد (NL Baroid).

النظام الخبير (PROSPECTOR)

ويعمل كمستشار لمساعدة الجيولوجيين العاملين فى مجال كشف المعادن والبحث عن مصادر خاماتها. ويستخدم (PROSPECTOR) كلا من قواعد الإنتاج وشبكات الألفاظ الدلالية (Semantic Nets) وذلك لتمثيل المعرفة. وقد تم بناؤه باستخدام لغة (INTERLISP) بشركة (SRI International).

١٢ - ٥ بعض النظم الخبيرة فى مجال الصناعة (Manufacturing)

النظام الخبير (IMACS)

ويساعد المديرين فى مجال صناعة نظم الحاسبات على إدارة الأعمال الورقية والسيطرة عليها وإدارة المخازن والتخطيط للإنتاج وأى مهام أخرى مرتبطة بعملية الإنتاج. ويقوم (IMACS) بناء على طلب العميل (Customer's Order) بعمل خطة بناء مبدئية للنظام المطلوب يمكن على أساسها تحديد المطالب الخاصة واللازمة لبناء النظام. وقبل بناء النظام المطلوب يقوم (IMACS) بعمل الخطة التفصيلية المطلوبة للتنفيذ والتى يتم استخدامها لمراقبة عملية تنفيذ النظام. وهو نظام مبنى على المعرفة (Rule - Based) ويستخدم التسلسل المتقدم (Forward Chaining) وقد تم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (OPS5) بشركة (DEC).

النظام الخبير (ISIS)

ويقوم بعمل البرنامج الزمنى لأداء الأعمال المختلفة بالمصانع. ويقوم النظام باختيار سلسلة من العمليات والتى تلزم لتنفيذ طلبية معينة ، وفيها يحدد وقت بدء العمل وإنهائه وتحديد متطلبات التنفيذ. كما أن النظام يمكن أن يعمل كمساعد ذكى يستخدم خبرته لمساعدة المسئولين بالمصنع فى المحافظة على خطة الانتاج وبرنامجها الزمنى وتحديد القرارات التى يمكن أن تعوق هذه الخطة أو تمثل قيودا عليها. ويستخدم هذا النظام الأطر (Frames) لتمثيل المعرفة بالإضافة إلى القواعد التى تستخدم أساسا لحل أى ارتباك بالخطة وتم بناء النظام باستخدام حزمة بناء البرامج الجاهزة (SRL) بجامعة كارنيجى ميلون.

النظـام الخبير (PTRANS)

ويقـوم بـالتحكم فـى إنتـاج وتوزيـع أجهـزة الحاسـبات لشـركة (DEC). ويقـوم النظـام باسـتخدام طلبات العملاء والموضح بها المواصفات المطلوبة بالإضافة إلى المعلومات الخاصـة بالأنشـطة المختلفـة بالمصنع المنتج وذلك لعمل خطة تجميع واختبار لنظـم الحاسـبات المطلوبـة تتضمـن متـى يبـدأ بنـاء النظام المطلوب. كما يقوم (PTRANS) أيضا بمراقبة أداء الفنيين لتنفيـذ الخطـة وتحديـد المشـاكل التى تقابلهم واقتراح الحلول والتنبؤ بأى نقص أو زيادة محتملة فى الخامـات والمكونـات اللازمـة لبنـاء الحاسـبات المطلوبـــة. ونظـــام (PTRANS) مبنـى علـــى القواعـــد (rule - based) ويستخدم التسلسل المتقدم (Forward Chaining) وتم بناؤه بالتعاون بين شركة (DEC) وجامعة كارنيجى ميلون الأمريكية باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (OPS5).

١٢ - ٦ بعض النظم الخبيرة فى مجال الإلكترونيات (Electronics)

النظـام الخبير (ACE)

ويقـوم بتحديـد مواقـع الأعطـال فـى الشـبكات التليفونيـة واقـتراح الإصـلاح المناسـب والصيانـة المطلوبة. ويعمل النظام دون تدخل العنصر البشرى ويقـوم بتحليل تقـارير الصيانـة التـى تـرد يوميـا بواسطة (CRAS) وهو برنامج حاسب يقوم بإدارة عمليات الإصلاح للكوابل التليفونية. وبمجرد قيام (ACE) بتحديد الكوابل التليفونية العاطلة ، فإنه يقـوم باختيـار طريقـة ووسـيلة الاصـلاح المناسـبة والفعالة. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام قواعد الإنتاج والتى يتم التحكم فيها باستخدام التسلسل المتقـدم (Forward Chaining). وقـد تـم بنـاء (ACE) باسـتخدام حزمـة بنـاء النظـم الخبيـرة (OPS4) ولغـة برمجـة الذكـاء الإصطناعـى (FRANZ LISP). وقـام ببنائـه شـــركتا (Whippany , Bell).

النظـام الخبير (BDS)

ويقـوم بالمساعدة فـى تحديـد الأجـزاء العاطلـة بجهاز إلكـترونى يستخدم ضمـن شـبكات تحويـل الموجات الإشارية. ويستخدم النظام قراءات أجهزة الإختبار لتحديد الدائرة المطبوعة التـى بهـا العطـل أو أى أجزاء أخرى يمكن أن تسـبب العطـل. وقـد تـم بنـاء النظـام الخبـير باسـتخدام حزمـة بنـاء النظـم الخبيرة (LES) والخاصة بشركة لوكهيد وبها يتم تمثيل المعرفة باستخدام القراعد ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع (Backward Chaining) وقد تم بناؤه فى معمل بحوث شركة لوكهيد.

النظـام الخبير (CADHELP)

ويقوم بشرح وتوضيح استخدام أدوات التصميم باستخدام الحاسب (CAD) فى تصميم الدوائر المنطقية الرقمية (Digital Logic Circuits). وقد تم بناء هذا النظام الخبير باستخدام لغة برمجة الذكاء الإصطناعى (FRANZ LISP) بجامعة كونيكتيكت (Connecticut).

النظـام الخبير (CRITTER)

ويساعد مصممى الدوائر الإلكترونية على تحليل صحة وتوقيت وتماسك وسرعة تصميمات الدوائر العالية التكامل (VLSI). ويقوم النظام باستقبال الدوائر التخطيطية ومواصفات الدخل والخرج من المهندس المصمم ثم يقوم ببناء نموذج شامل لأداء الدائرة عالية التكامل. ويقوم (CRITTER) بتلخيص هذه المعلومات وعرضها على المهندس المصمم مصحوبة بمعلومات عن كشف الأعطال وتلافيها وتقييم للجدوى الفنية لبناء الدائرة. وتحتوى قاعدة المعرفة فى هذا النظام الخبير على معلومات عن الدوائر الكهربية والتقنيات الخاصة بتحليل هذه الدوائر. ويتم تمثيل المعارف فى (CRITTER) باستخدام الأطر (Frames) بالإضافة إلى استخدام بعض المعادلات الجبرية والجبر الإسنادى (Predicate Calculus) وقد تم بناء هذا النظام بجامعة روتجرز باستخدام لغة برمجة الذكاء الإصطناعى (INTERLISP).

النظـام الخبير (FOREST)

ويقوم بكشف وعزل الأعطال فى الأجهزة الإلكترونية وتحتوى قاعدة المعرفة الخاصة به على المبادىء الأساسية لكشف الأعطال بالأجهزة الإلكترونية ومعلومات عن استخدام الدوائر الكهربية بالإضافة إلى الخبرات العملية لخبراء صيانة وإصلاح الأجهزة الإلكترونية. وقد تم بناء (FOREST) باستخدام لغة برمجة الذكاء الإصطناعى (PROLOG) بجامعة بنسلفانيا بالتعاون مع شركة (RCA).

النظـام الخبير (PEACE)

ويساعد المهندسين على تصميم الدوائر الإلكترونية. ويقوم النظام بتصميم وتحليل الدوائر المنطقية والخاملة (Digital and Passive Circuits) وذلك بتطبيق المعارف الخاصة بتصميم الدوائر. وقد تم بناء هذا النظام بجامعة مانشستر بانجلترا باستخدام لغة (PROLOG).

النظام الخبير (SADD)

ويساعد المهندسين على تصميم الدوائر الرقمية (Digital Circuits) ويقوم المهندس القائم بالتصميم بتغذية النظام بوصف الوظائف المطلوب من الدائرة تأديتها والتى بناء عليها يقوم النظام ببناء التصميم المطلوب. ويتم تمثيل قاعدة المعرفة والتى تشمل معلومات عن العناصر المكونة للدوائر المختلفة باستخدام الأطر (Frames). وقد تم بناء النظام باستخدام لغة (LISP) بجامعة ميريلاند.

النظام الخبير (SOPHIE)

ويقوم بتعليم الطلبة كيفية تحديد الأعطال فى الدوائر الكهربية. ويقوم النظام بتوضيح كيف يتم تحديد مكان أى عطل وذلك بالسماح للطالب باختيار عطل فى دائرة يتم محاكاتها باستخدام برنامج محاكاة مرتبط بالنظام الخبير. ثم يقوم النظام بتتبع الخطوات اللازمة لإيجاد العطل ويقوم بشرح كيف يؤدى عطل فى أحد المكونات أو العناصر إلى حدوث عطل آخر. وقد تم بناء هذا النظام باستخدام لغة (INTERLISP) بالتعاون بين شركات (Bolt , Beranek and Newman).

١٢ - ٧ بعض النظم الخبيرة فى مجال القانون(LAW)

النظام الخبير (DSCAS)

ويساعد المقاولين على تحليل النواحى القانونية للمطالبات الناجمة من اختلاف موقع العمل فى الأعمال الإنشائية. ومطالبة (DSC) تمنح تعاقديا الوسيلة القانونية لاسترداد أى نفقات إضافية يتعرض لها المقاول نتيجة إختلاف الشروط والمواصفات الفعلية لموقع العمل عن تلك المذكورة فى التعاقد الأصلى. ويقوم النظام الخبير (DSCAS) المسئول عن عقود الأعمال الإنشائية بالإجراءات القانونية اللازمة والمطلوبة للتعامل مع مطالبة (DSC). وإذا قرر (DSCAS) أن هناك سببا لعدم إضافة النفقات الإضافية المطلوبة ، فإن عملية التحليل تتوقف ويتم عرض الشرح المطلوب. ويحتوى (DSCAS) على نموذج لعملية إتخاذ القرار الذى يتم بمعرفة المحامين عند تحليلهم لمطالبات (DSC) ويتم تخزين المعارف فى (DSCAS) باستخدام القواعد التى يتم التحكم فيها باستخدام أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) وقد تم بناؤه فى جامعة كولورادو باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (ROSIE).

النظـام الخبير (JUDITH)

ويساعد المحامين على التحليل المنطقى للقضايا الحديثة. ويقوم النظام الخبير بسؤال المحـامين حتى يتم تأصيل وانشاء الأسانيـد القانونيـة المطلـوبة لقضيـة مـن القضايـا. ونظـام (JUDITH) مكتوب بلغة فورتوران (FORTRAN).

النظـام الخبير (LDS)

وهـو يساعد الخبـراء القانونيين فى تسوية القضايا الخاصة بالمسـئولية القانونيـة للمنتجـات الصناعية. وباعطائه وصف المنتج الخاص بالقضية المعروضة وجوانب النزاع يقوم النظام بحساب مـا يترتب على المسئولية القانونيـة للمدعـى عليه (Defendant). ونظام (LDS) نظام خبير مبنـى على القواعد (Rule - Based) تم بناؤه بشركة راند (Rand Corporation) باستخدام حزمـة بنـاء النظم الخبيرة (ROSIE).

النظـام الخبير (LRS)

ويساعد المحامين علـى استـرجاع المعلومـات الخاصـة بقـرارات المحاكم والشـرائع والقوانيـن فـى مجال التعامل بالشيكات والكمبيالات (Promissory Notes) بالقانون التجارى. ويتم تخزين المعـارف فى (LRS) باستخدام شبكات الألفاظ الدلالية (Semantic Nets) والتى تحتوى على ما يزيد عن ٢٠٠ مبدءا قانونيا. وقد تم بناء (LRS) بجامعة ميتشجان.

النظـام الخبير (SAL)

ويقوم بمساعدة المحامين على تقييم الادعاءات الخاصة بالتعويضات على الأخطار التى تنجم عـن التعـرض للحريـر الصخـرى "الأسبستوس" (Asbestos). ونظام (SAL) نظام خبير مبنـى علـى القواعد (Rule - based System) ويستخدم التسلسل المتقدم (Forward Chaining)، وتم بنـاؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (ROSIE) بشركة "راند" (Rand Corporation).

النظـام الخبير (SARA)

ويقوم بمساعدة المحامين على تحليل القرارات التى يتم اتخاذها فى القضايا المعروضة. وباعطـاء النظام الخبير الحقائق الخاصة بالقضية والقرارات التى تم التوصل إليها فإنه يوفـر للمحـامين العنـاصر والعوامل المرتبطة بالقرار الذى تم إتخـاذه. فعلـى سـبيل المثـال يمكـن أن يكـون إيجـار الشـقة المدفـوع

عاملا من العوامل التى تتيح منح معونة إجتماعية (Social Aid). وتمثل المعارف الموجودة فى (SARA) باستخدام الأطر (Frames) وقد تم بناؤه فى مركز الأبحاث النرويجى للحاسبات والقانون (Norwegian Research Center for Computers and Law).

النظام الخبير (TAXADVISOR)

ويساعد المحامين فى تخطيط الضرائب للعملاء ذوى الملكية الكبيرة (التى تتعدى ١٧٥٠٠٠ دولار أمريكى). ويقوم النظام الخبير بناء على بيانات العملاء باستنتاج الإجراءات الواجب اتخاذها من قبلهم لتسوية موقفهم المالى. ويستخدم (TAXADVISOR) المعارف الخاصة بتخطيط الملكية إعتمادا على خبرة المحامين واستراتيجيتهم فى هذا المجال بالإضافة إلى بعض المعارف العامة المستقاه من الكتب والمراجع. ويستخدم النظام أسلوب تمثيل المعرفة المبنى على قواعد الإنتاج التى يتم التحكم فيها باستخدام التسلسل الراجع (Backward Chaining) وقد تم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة (EMYCIN) بجامعة الينوى الأمريكية.

١٢ - ٨ بعض النظم الخبيرة فى مجال نظم الحاسب

النظام الخبير (CRIB)

وهو يساعد مهندسى الحاسبات والقائمين بصيانة النظم على تحديد أعطال المكونات والبرامج بالحاسبات. ويقوم المهندس المختص بإعطاء النظام وصفا لملاحظاته عن مظاهر العطل بلغة إنجليزية بسيطة. ويقوم(CRIB) بمضاهاة ذلك مع قاعدة بيانات خاصة بالأعطال المعروفة ثم يقوم بالتوصل إلى الجزء المطلوب إصلاحه أو استبداله. وإذا تم الوصول إلى هذا الجزء ولم يتم إزالة العطل فإن النظام الخبير يحاول إيجاد أسباب أخرى تتلائم مع مظاهر العطل المعروض عليه. ويحتوى(CRIB) على الخبرة الخاصة بأعطال المكونات والبرامج الخاصة بنظم الحاسب على هيئة مجموعات من أزواج أعراض العطل وإجراءات إزالته. ويقوم(CRIB) بتمثيل جهاز الحاسب الموجود تحت الفحص والإختبار كوحدات فرعية(Subunits) بهرمية بسيطة فى شبكات ألفاظ دلالية(Semantic Nets). وتم بناء هذا النظام باستخدام لغة(CORAL 66) بتعاون مشترك بين شركة الحاسبات العالمية المحدودة International Computers Limited(ICL) ومركز البحوث والتطورات المتقدمة Research and Advanced Development Center (RADC) وجامعة برونل (Brunel University).

النظـام الخبير (DART)

ويساعد على تشخيص الأعطال فى المكونات المادية لنظـم الحاسـبات (Hardware) وذلـك باستخدام معلومات عن تصميـم الحاسب الجارى فحصه واختباره. وقد تـم اسـتخدام (DART) مـع دوائر الحاسب البسيطة وكذلك الحاسبات الكبـيرة مثل (IBM4331) وتم بناؤه باستخدام حزمـة بناء النظم الخبيرة (MRS) بجامعة ستانفورد.

النظـام الخبير (MIXER)

ويساعد المبرمجين على كتابة البرامج الدقيقة (Micro programs) لشرائح السيليكون عالية التكامل طراز (T1990 VLSI Chip). وبإعطاء النظام الخبير وصفا للبرنـامج المطلوب فإنـه يقـوم بإنتـاج شفرة البرنـامج (Micro code) المثالى لشريحة (T1990). وقـد تـم بنـاء (MIXER) باستخدام لغة برمجة الذكاء الإصطناعى "برولوج" (PROLOG) فى جامعة طوكيو.

النظـام الخبير (TIMM / TYNER)

وهو يساعد على ضبط نظم الحاسبات من طراز (VAX / VMS) وذلك للتقليـل مـن المشـاكل التى تؤثر فى جودة الأداء. ويتفاعل النظام الخبير مع مدير النظم ويتحاور معه على هيئـة سلسلة مـن الأسئلة تؤدى فى النهاية إلى الخروج بتوصيات معينة يتم إتخاذها لتحسـين الأداء. وهـذا النظـام الخبـير مبنى على القواعد (Rule - based) باستخدام (TIMM) كوسيلة إكتسـاب معرفـة. وقـد تـم بنـاء (TIMM / TUNER) بشركة (General Research Corporation).

النظـام الخبير (YES / MVS)

ويساعد مستخدمى الحاسـبات التى تعمـل بنظـم التشـغيل (Multiple Virtual Storage) أو (MVS) على مراقبتـه والتحكـم فيـه. ويعتـبر نظام التشغيل (MVS) مـن أوسـع نظـم التشـغيل استخداما فـى الحاسـبات الكبـيرة (Mainframes) مـن طــراز (IBM). ونظــام (MVS / YES) نظام خبـير مبنـى على القواعـد (Rule - based Expert System) ويستخدم أسلوب التسلسـل المتقـدم (Forward Chaining). وقـد تـم بنـاؤه باسـتخدام أداة بنـاء النظـم الخبـيرة (OPS5) بواسطة مجموعـة النظـم الخبـيرة بمركـز الأبحاث التـابع لشـركة (IBM) فــى مرتفعـات يوركتــون نيويورك.

١٢ - ٩ بعض النظم الخبيرة فى مجال الفيزياء (Physics)

النظام الخبير (GAMMA)

ويساعد المتخصصين فى الطبيعة النووية على التعرف على تركيب العناصر المجهولة وذلك بتفسير طيف أشعة جاما الناتج عن قذف هذه العناصر بالنيوترونات. ويقوم النظام الخبير بالتعرف على هذه العناصر باستخدام المعارف الخاصة بكثافة وطاقة الإشعاع التى تصدر عن المواد والعناصر المختلفة وقد تم بناء النظام بمركز أبحاث "شلومبيرجر - دول" (Schllumberger - Doll Research).

النظام الخبير (MECHO)

وهو خاص بالمشاكل الميكانيكية مثل نظم البكر (Pulley Systems)، وعزم القصور الذاتى (Moment - of - Inertia) ومسائل معدل الزمن والمسافة. وبعرض المشكلة على شكل نص إنجليزى (English Text) فإن (MECHO) يقوم ببناء قاعدة معرفة تشمل الحقائق والإستدلال المنطقى والقيم السابقة التعريف. ونظام (MECHO) نظام مبنى على القواعد وتم بناؤه بجامعة ايدنبرج (University of Edinburgh) باستخدام لغة البرمجة (PROLOG).

١٢ - ١٠ بعض النظم الخبيرة فى مجال تكنولوجيا الفضاء

النظام الخبير (ECESIS)

ويوفر التحكم الذاتى (Autonomous Control) لنظام فرعى يطلق عليه إسم (EC/LSS) وهى الأحرف الأولى لجملة (Environmental Control/Life Support Subsystem) وهذا النظام الفرعى يوجد فى سفن الفضاء. ويقرر هذا النظام الخبير كيف يمكن التحول إلى النظم الفرعية المختلفة لـ (EC / LSS) وذلك أثناء الإنتقال من الظل إلى الشمس. كما أنه يقوم أيضا بمراقبة نظام (EC / LSS) وتنفيذ الإجراءات اللازمة كرد فعل للأحداث المختلفة. ورغم أن نظام (ECESIS) مصمم للعمل ذاتيا إلا أنه يحتوى على إمكانية للشرح المبسط وذلك لتدعيم عرض النظام. وهو نظام خبير يشتمل على كل من القواعد وشبكات الألفاظ الدلالية (Semantic Nets) لتمثيل المعرفة المخزنة بقاعدة المعرفة. وقد تم بناء هذا النظام بشركة بوينج للفضاء (Boeing Aerospace Company) باستخدام حزمة بناء نظم خبيرة يطلق عليها إسم (YAPS).

النظام الخبير (FAITH)

وهو يعمل كخبير لتشخيص الأعطال فى مركبات الفضاء وذلك عن طريق مراقبة البيانات المرسلة إلى الأرض من خلال وسائل التحكم من بعد فى سفن الفضاء. ويستخدم (FAITH) المعارف المخزنة داخله عن الأنظمة الموجودة تحت الفحص بمركبة الفضاء وذلك لتقييم البيانات الواردة إليه منها واكتشاف أسباب الأعطال التى يتم تحديدها. ويتم تمثيل المعرفة فى نظام (FAITH) باستخدام كل من قواعد الإنتاج (Production Rules) والأطر (Frames)، كما أن ماكينة الإستدلال به تستخدم أسلوبى التسلسل الراجع (Backward Chaining) والتسلسل المتقدم (Forward Chaining) للإستدلال المنطقى بالإضافة إلى ما يطلق عليه المنطق الإسنادى (Predicate Logic) وقد تم بناء هذا النظام الخبير بمعمل جيت بروبلشن (Jet Propulsion Laboratory).

النظام الخبير (KNEECAP)

وهو يساعد على التخطيط لأنشطة أطقم رجال الفضاء العاملين على مكوك الفضاء (Space Shuttle). وأثناء التخطيط لمهمة المكوك الكلية، فإن النظام الخبير يقوم باختبار الخطة وإظهار أى تعارض أو عدم توافق فى الجدول الزمنى لتنفيذ مهمة المكوك. ويستخدم (KNEECAP) المعلومات والمعارف الخاصة بمركبة الفضاء، وأماكن الإطلاق والهبوط، ومهارات رجال الفضاء، والأنشطة المختلفة للمكوك، والحمولة الجارية للمكوك، ودور طاقم المكوك فى اتخاذ القرارات. ويتم تمثيل المعرفة فى (KNEECAP) باستخدام الأطر (Frames). وقد تم بناؤه بشركة ميتر (MITRE Corporation) باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعى (INTERLISP).

النظام الخبير (LES)

ويقوم بمراقبة تحميل الأكسجين السائل فى مكوك الفضاء بمركز كيندى للفضاء (Kennedy Space Center). وتتكون المدخلات (Input) إلى (LES) عبارة عن سلسلة من القياسات فى أزمنة متتابعة من نظام الإطلاق ومجموعة التحكم التى تتحكم فى عملية تحميل الأكسجين السائل. ويقوم (LES) بمراقبة ومتابعة القياسات الخاصة بالحرارة والضغط ومعدل التدفق (Flow Rate) ويقوم بتحديد ما إذا كان (LES) يقوم باستقبال بيانات صحيحة من المستشعرات ووسائل رصد البيانات أم لا. وعندما يقوم (LES) برصد أى شىء خارج عن المألوف والطبيعى، فإنه يقوم بتنبيه الأشخاص المسئولين عن المراقبة والمتابعة بالإضافة إلى قيامه بتشغيل البرنامج الخاص

بكشف مواطن الخلل وتحديد الأعطال. ويتم تمثيل المعرفة فى (LES) باستخدام الأطر (Frames). وقد تم بناؤه فى شركة ميتر (MITRE Corporation) بالتعاون مع مركز كيندى للفضاء باستخدام لغة برمجة الذكاء الإصطناعى (ZETALISP).

النظام الخبير (NAVEX)

ويقوم بمراقبة بيانات محطات الرادار التى تقوم بتقدير مكان وسرعة مكوك الفضاء، ويبحث عن أى أخطاء ويقوم بتحذير العاملين على شاشات المراقبة بمركز التحكم عند رصد أى أخطاء أو حتى عند التنبؤ بحدوثها. وعند رصد أى أخطاء فإن النظام الخبير يقوم بتقديم التوجيهات الخاصة بالإجراءات المناسبة لتلافى الخطأ الذى حدث. ويجمع (NAVEX) بين أسلوبى القواعد والهياكل لتمثيل المعرفة. وقد تم بناؤه بواسطة شركة (Inference) بالتعاون مع ناسا (NASA) بمركز جونسون للفضاء (Johnson Space Center) وذلك باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة .(ART)

١٢ - ١١ بعض النظم الخبيرة فى مجال الكيمياء (Chemistry)

النظام الخبير (CONGEN)

ويساعد الكيميائيين على تحديد التركيب البنائى للمركبات المجهولة. ويتم تغذيته بالبيانات الكيميائية وبيانات التحليل الطيفى (Spectroscopic Data) للمركب المطلوب تحديد تركيبه البنائى. وقد تم بناء هذا النظام الخبير بجامعة ستانفورد باستخدام لغة البرمجة (INTERLISP).

النظام الخبير (CRYSALIS)

ويقوم باستنتاج التركيب الثلاثى الأبعاد للبروتين من خريطة الكثافة الإلكترونية (Electron Density Map (EDM)) ويقوم النظام بتفسير بيانات الإنحراف بأشعة أكس والتى تتكون من مكان وكثافة الموجات المنحرفة لاستنتاج هذا التركيب الذرى. وقد تم بناء هذا النظام الخبير بجامعة ستانفورد باستخدام لغة (LISP) ومعمارية السبورة (Blackboard Structure).

النظام الخبير (C - 13)

ويساعد الكيمائيين المتخصصين فى الكيمياء العضوية (Organic Chemistry) على تحديد التركيب البنائى للمركبات الحديثة العزل (Newly Insulated). وقد تم بناء هذا النظام بجامعة ستانفورد باستخدام لغة الذكاء الإصطناعى (INTERLISP).

النظام الخبير (OCSS)

ويقوم بمساعدة الكيميائيين على تركيب الجزيئات العضوية المركبة (Complex Organic Molecules) ويقوم بتحليل الجزيئات المستهدفة والمؤلفة بواسطة الكيمائى. وقد تم بناء هذا النظام بجامعة هارفارد الأمريكية (Harvard University).

النظام الخبير (SPEX)

ويساعد العلماء على تخطيط تجارب المعمل المعقدة حيث يقوم العالم بوصف الأشياء المطلوب عملها للنظام الخبير والذى يقوم بدوره بالمساعدة على عمل إطار خطة لتحقيق هدف التجربة المطلوبة. ثم يقوم النظام بعد ذلك بتنقيح كل خطوة تجريبية بالخطة وإدخال التحسينات عليها وجعلها أكثر تحديدا بربطها بالتقنيات والأهداف المخزنة بقاعدة المعرفة. ويتم تمثيل المعرفة فى (SPEX) باستخدام الأطر ، وتم بناؤه بجامعة استانفورد باستخدام أداه بناء النظم الخبيرة (UNITS).

النظام الخبير (SYNCHEM)

ويقوم بتركيب الجزيئات العضوية المركبة (Complex Organic Molecules) دون الحاجة إلى الحوار والتفاعل مع المستخدم (User Interaction) ويستخدم النظام الخبير المعلومات المتعلقة بالتفاعلات الكيميائية وذلك لعمل خطة لبناء الجزىء المستهدف من مجموعة من الجزيئات التى سيتم البدء بها. ويعمل النظام الخبير بأسلوب التسلسل الراجع (Backward Chaining) ، بادئا من الجزىء المستهدف ومحاولا تحديد التفاعلات الكيميائية التى يمكن أن تؤدى فى النهاية إلى إنتاجه. وقد تم بناء هذا النظام بجامعة نيويورك باستخدام لغة (PL / 1).

النظـام الخبير (TQMSTUNE)

ويقـوم بالضبـط الدقيـق لمقيـاس طيـف الكتلـة الثلاثـي الربـاعى (Triple Quadruple Mass Spectrometer (TQMS)) وذلك بتفسير بيانات الإشارات الصادرة من (TQMS) مثل سعة وشكل الطيف. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظـام الخبيـر باستخـدام لغة الأطر (Frames) وقد تم بناؤه بشركة (Intellicorp) باستخـدام أداة بنـاء النظـم الخبيـرة (KEE).

١٢ - ١٢ بعض النظم الخبيرة فى المجال الحربى

النظـام الخبير (ADEPT)

ويساعد المحللين العسكريين على تقييم المواقف فى الميدان عن طريق التفسير التكتيكى لتقارير المخابرات ووسائل الإستشعار ورصد المعلومات الأخرى. ويستخدم النظام هذه التقارير لتكوين الموقف العسكرى فى أرض المعركة وعرضه على الشاشة. وهذا النظام الخبير لديه القدرة على شرح الأسباب التى بناء عليها يتم تقييمه للموقف العسكرى فى ميدان المعركة. وقد تم بنـاء هـذا النظـام بشـركة (TRW) باستخدام أداة بناء النظام الخبير (ROSIE).

النظـام الخبير (AIRID)

ويقوم بالتعرف على الطائرات على أساس الرؤية بالنظر. ويقوم المستخدم فى هذه الحالة بإدخال المواصفات والخصائص التى تم رصدها بالرؤية بالنظر والظروف التى تمت خلالها هذه الرؤية (مثل صفاء الجو أو رداءته) ، ويقوم نظام (AIRID) باستخدام هذه المعلومات ومقارنتها بالمعارف المخزنة بقاعدة معرفته والمستقاة من مجموعات الجينز الخاصة بخصائص الطائرات فى العالم وذلك للوصول إلى هوية الطائـرة. وقد تم بنـاء (AIRID) باستخـدام أداة بنـاء النظم الخبيرة (KAS) ويتم تمثيل المعرفة فيه باستخدام القواعـد وشبكـات الألفـاظ الدلاليـة (Semantic Nets).

النظـام الخبير (AIRPLAN)

ويساعد ضباط العمليات الجوية بحاملات الطائرات على تنظيم اقلاع وهبوط الطائرات عليها. ونظام (AIRPLAN) نظام مبنى على القواعد وقد تم بناؤه بجامعة كارينجى ميلون باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة (OPS 7).

النظام الخبير (ANALYST)

ويساعد القادة فى الميدان على تقييم الموقف فى أرض المعركة. ويعرض النظام على الشاشة توزيع القوات المعادية وأماكن تمركزها ويتم ذلك فى الزمن الحقيقى بناء على المعلومات التى ترد إليه من المستشعرات المختلفة كما يقوم برصد تحركات القوات. ويحتوى (ANALYST) على الخبرة المكتسبة من محللى المخابرات متضمنة كيفية تفسير ودمج بيانات المستشعرات المختلفة. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام الخبير باستخدام الأطر (Frames) والقواعد (Rules) وقد تم بناؤه بشركة ميتر (MITRE) باستخدام لغة البرمجة (FRANZ LISP).

النظام الخبير (ASTA)

ويساعد محللى نظم الحرب الإلكترونية على تحديد طراز الرادار عن طريق رصد موجات كهرومغناطيسية صادرة منه. ويقوم النظام بتحليل الإشارات الصادرة من الرادار مستعينا فى ذلك بقاعدة معرفته التى تحتوى معلومات تفصيلية عن مجموعة كبيرة من الرادارات ومواصفاتها. ويتم تمثيل المعرفة فى (ASTA) باستخدام القواعد ، وقد تم بناء النظام بشركة (Advanced Information Decision Systems).

النظام الخبير (BATTLE)

ويقوم بتقديم المعاونة وطرح التوصيات للقادة العسكريين فى ظروف العمليات عن الأماكن المثلى لتمركزات الأسلحة المختلفة. وهذا النظام الخبير يحسن أداء النظام المتكامل لإدارة النيران والمعاونة الجوية لمشاة البحرية الأمريكية وذلك بتقديم التوصيات المناسبة وفى التوقيت المناسب لمواقع الأسلحة وتمركزاتها وبما يتناسب مع عدد ونوعية الأهداف المعادية وبما يضمن تدميرها. ويتم تمثيل المعرفة فى نظام (BATTLE) باستخدام القواعد ، وقد قام بإنتاجه معمل أبحاث البحرية الأمريكية بواشنطن (Naval Research Laboratory in Washington , D.C).

النظام الخبير (DART)

وهو يساعد محللى نظم الحرب الإلكترونية فى نظم القيادة والسيطرة الآلية (Command , Control, Communication and Intelligence (C3 I)) على معالجة وتحليل معلومات المخابرات. ويقوم هذا النظام بتقديم المشورة للمستخدمين للتعرف على الأماكن الحيوية فى نظم القيادة والسيطرة الآلية المعادية كما يساعد على تحليل الرسائل المرتبطة بمواقف وأوضاع

الصراع المسلح. وهو مصمم أساسا على نظام حاسب طراز (VAX 11/780) وقد قام بإنتاجه شركة بار للتكنولوجيا (PAR Technology) باستخدام لغات إجرائية هى(PASCAL) و (C).

النظام الخبير (EPES)

ويقوم أساسا بمساعدة طيارى المقاتلة (ف - ١٦) على التعامل مع حالات الطوارىء المختلفة أثناء الطيران وتنفيذ المهام. ويستخدم هذا النظام المعارف الخاصة بمواصفات الطائرة ومهامها ليحدد كيف يمكن التصرف فى حالات الطوارىء. وفى حالة وجود أى طارىء فإن النظام يحذر الطيار ويبدأ فى اتخاذ الإجراءات الوقائية عن طريق طيار آلى. ويتم تمثيل المعرفة به باستخدام القواعد وشبكات الألفاظ الدلالية (Semantic Nets). وقد تم بناؤه بشركة تكساس انسترمنت الأمريكية (Texas Instruments) باستخدام لغة البرمجة (ZETALISP).

النظام الخبير (EXPERT NAVIGATOR)

ويقوم بمراقبة وتتبع أجهزة الإستشعار الملاحية (Navigator Sensors) والموجودة على متن الطائرات الأمريكية التكتيكية. ويقوم النظام بإدارة أعمال الأنظمة الملاحية المختلفة الموجودة بهذه الطائرات ومراقبة قدرتها على دعم المهمة الرئيسية للطائرة واقتراح البدائل فى حالة حدوث أى تهديد يعوق أو يهدد تنفيذ الطائرة لمهامها الرئيسية. ويتم تمثيل المعارف فى هذا النظام الخبير باستخدام القواعد فى إطار معمارية السبورة (Blackboard Architecture) وقد تم بناؤه بشركة (Analytic Sciences) باستخدام لغة البرمجة (LISP).

النظام الخبير (HANNIBAL)

ويقوم بأداء مهام تقييم الموقف فى المجال الخاص بمخابرات الإتصالات. ويقوم النظام بالتعرف على الوحدات المعادية ووسائل إتصالها وذلك عن طريق تفسير البيانات الواردة نتيجة التصنت ورصد وسائل الإتصال المختلفة وتشمل هذه البيانات على سبيل المثال التردد (Frequency)، التوليف (Modulation) ونوع قناة الإتصال (Channel Class)، .... الخ. ويتم تمثيل المعارف فى (HANNIBAL) باستخدام القواعد من مصادر متعددة من المعرفة (Knowledge Sources) فى إطار معمارية السبورة (Blackboard Architecture). وقد تم بناء النظام بمعرفة شركة (ESL) وباستخدام أداة بناء النظم الخبيرة (AGE).

النظام الخبير (I & W)

ويقوم بمساعدة محللى المخابرات على التنبؤ بمكان وزمن أى مواجهة مسلحة يمكن أن تحدث مستقبلا. ويقوم النظام بتحليل تقارير المخابرات والتى تتضمن أوضاع القوات وتحركاتها والأنشطة التى تقوم بها وذلك للوصول إلى هذا التنبؤ. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام الخبير باستخدام الأطر (Frames) كما تم استخدام أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chaining) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناؤه بتعاون مشترك بين شركة (ESL) وجامعة ستانفورد ، واستخدم فى بنائه لغة البرمجة (INTERLISP - D).

النظام الخبير (KNOBS)

ويساعد هيئات القيادة فى مراكز القيادة الجوية التكتيكية على التخطيط للمهام. ويستخدم النظام المعارف الخاصة بالأهداف والإمكانيات المتاحة والمهام المخططة وذلك لاختبار مدى التوافق بين المكونات المختلفة للخطة ولجدولة الخطط المختلفة طبقا للأهمية والأولويات والمساعدة على تعديل الخطط القائمة وعمل خطط جديدة. ويتم تمثيل المعرفة فى (KNOBS) باستخدام الأطر (Frames) كما يتم استخدام أسلوب التسلسل الراجع (Backward Chaining) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناء هذا النظام بمعرفة شركة ميتر (MITRE Corporation) واستخدم فى بنائه أداة بناء النظم الخبيرة (FRL) ولغة البرمجة (ZETALISP).

النظام الخبير (MES)

وقد قام بانتاج هذا النظام معهد التكنولوجيا التابع للسلاح الجوى الأمريكى وذلك للتغلب على مشكلة نقص الفنيين المهرة اللازمين لاصلاح وصيانة الطائرات العسكرية. وهو يساعد الفنى المبتدىء على تحديد العطل وتحديد كيفية إصلاحه. وقد تم انتقاء المعارف المخزنة فى هذا النظام الخبير من الكتالوجات الفنية الخاصة بصيانة وإصلاح هذه الطائرات مضافا اليها خبرة الفنيين القدامى الأكفاء فى هذا المجال. ونظام (MES) هو نظام خبير مبنى على القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم للإستدلال المنطقى وقد تم بناؤه باستخدام لغة (LISP).

النظام الخبير (SCENARIO - AGENT)

ويساعد لاعبى المباريات الحربية بتوفير نماذج لتصرفات دول العالم الثالث فى حالة نشوب خلافات إستراتيجية يمكن أن تؤدى إلى صراع مسلح. ويقوم هذا النظام بتوفير المعلومات اللازمة للمستخدم عما اذا كانت هذه الدول ستسمح بإعطاء الدول العظمى حق استخدام قواعد عسكرية فى

أراضيها من عدمه ومدى إمكانية إشتراكها بقوات مسلحة فى حالة نشوب صراع مسلح ومواجهة عسكرية فى مناطق مختلفة من العالم. ويتم تمثيل المعارف فى هذا النظام الخبير باستخدام القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم (Forward Chainining) للإستدلال المنطقى. وقد قام ببنائه شركة راند (Rand Corporation) باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة (ROSIE).

النظام الخبير (SPAM)

وهو نظام خبير أنتجته جامعة كارنيجى - ميلون الأمريكية (Carnegie - Mellon) وذلك للمعاونة فى تفسير صور المطارات الجوية وتحديد مكوناتها والأهداف الحيوية بها وهو يحتوى على قاعدة بيانات للخرائط والصور يطلق عليها إسم " MAPS " ومخزن بها جميع المعلومات والسمات الأساسية الخاصة بذلك. ونظام (SPAM) نظام خبير مبنى على القواعد (Rule - based)، وقد تم بناؤه باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة (OPS5).

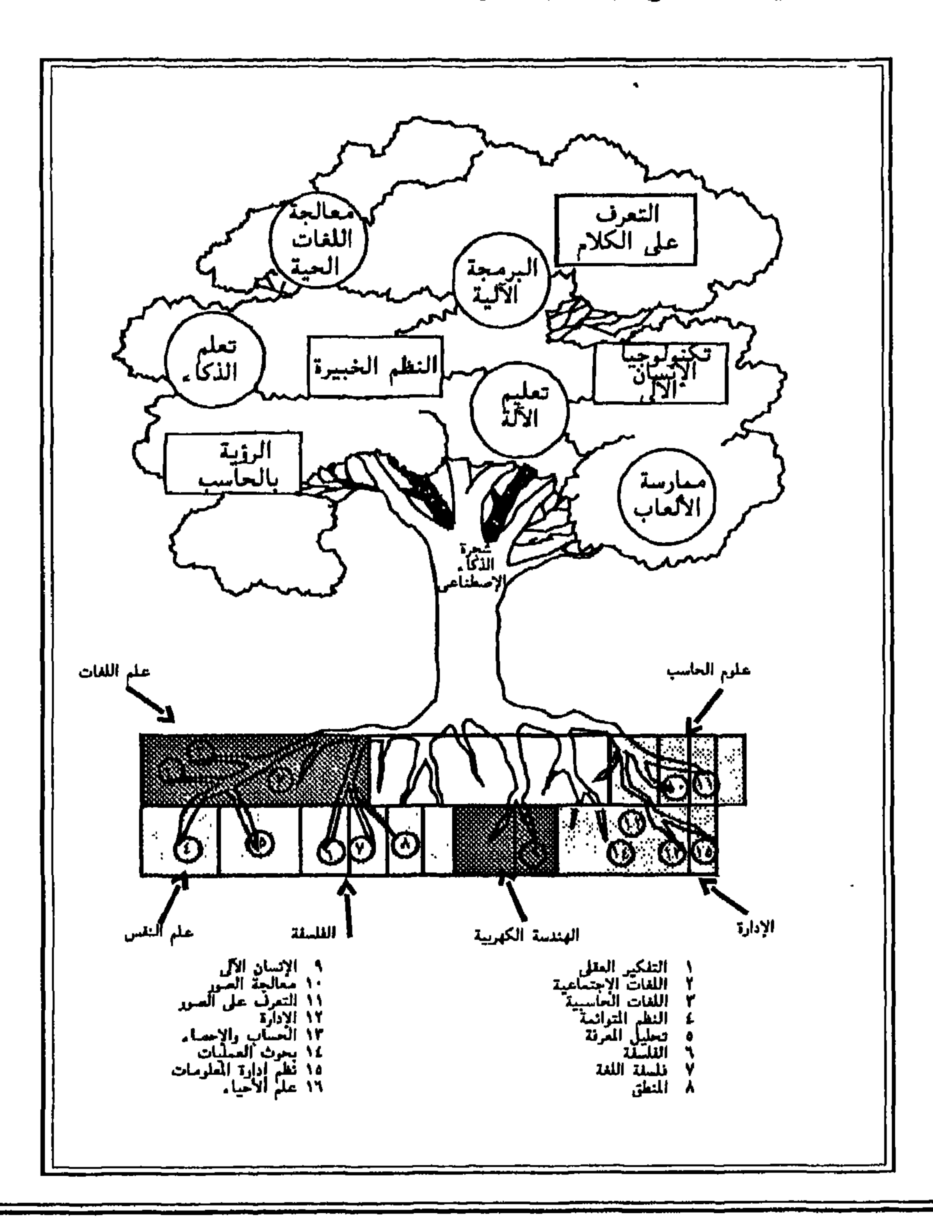



٥
الجزء الخامس
تقنيات نظم
الذكاء الإصطناعى
(AI Technologies)



مقـدمـة

تعرضت الفصول السابقة للمفاهيم المرتبطة بالذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة وطرق إكتساب المعرفة وتمثيلها. كما تعرضت أيضا لأدوات بناء نظم الذكاء الإصطناعى مع أمثلة عملية لبعض النظم الخبيرة. والنظم الخبيرة ليست هى التطبيق الوحيد للذكاء الإصطناعى وإنما هناك تطبيقات متعددة فى مختلف مجالات الحياة كما يتضح من الشكل التالى.



وفى هذا الجزء يتم توضيح أهم تطبيقات نظم الذكاء الإصطناعى وأهم التقنيات التى نتجت عنه مثل فهم اللغات الحية وطرق معالجتها والرؤية بالحاسب والتعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى. وهذه التطبيقات والتقنيات - رغم أنها لاتغطى كل المجالات التى اقتحمتها نظم الذكاء الإصطناعى - إلا أنها تمثل أهم التقنيات التى سوف تكون نقطة إنطلاق لتقنيات أكبر سوف تؤثر تأثيرا كبيرا فى مستقبل التكنولوجيا.

ويتكون هذا الجزء من ثلاثة فصول حيث يوضح الفصل الأول تطبيقات فهم اللغة الحية وطرق معالجتها. ويوضح هذا الفصل المشاكل المصاحبة لفهم اللغة مثل الغموض (Ambiguity) وعدم التحديد (Imprecission) وعدم الكمال (Incompleteness). كما يوضح استخدام شبكات الانتقال التكرارى فى تحليل الجملة وكذلك تحليل الكلمة المفتاح والتحليل اللفظى. ثم يوضح هذا الفصل أيضا أهمية فهم الحاسب للغات الحية والتطبيقات المختلفة لهذا المجال مثل فهم النصوص والترجمة الآلية والإتصال بالنظم الخبيرة. وينتقل الفصل الثانى إلى مجال الرؤية بالحاسب ويوضح كيفية إكتساب الصورة ومعالجة الصورة ثم تحليلها وفهمها. وينتقل الفصل الثالث إلى تطبيقات التعرف على الكلام وكذلك تكنولوجيا الإنسان الآلى. ويبدأ هذا الفصل بشرح كيفية معالجة الكلام عن طريق التعرف عليه ثم تحليله وفهمه كما يوضح مميزات التعرف على الكلام. وينتقل هذا الفصل إلى الإنسان الآلى (Robot) ويوضح أجزاء الإنسان الآلى وتقنيات التحكم فيه والإنسان الآلى المؤازر وكذلك الإنسان الآلى الغير مؤازر والإنسان الآلى الذكى والإنسان الآلى المتحرك.

الفصل الثالث عشر

فهم اللغات الحية
وطرق معالجتها



إن وسيلة الاتصال الطبيعية بين البشر هى اللغة. ولكى يسلك الحاسب سلوك البشر فعلينا أن نجعله قادرا على فهم لغة الإنسان ، أى جعل وسيلة الإتصال بينه وبين الإنسان (المدخلات والمخرجات) هى اللغة الحية التى يتعامل بها البشر مع بعضهم البعض.

وهذه المهمة ليست سهلة ، وذلك لأن اللغة الحية تعتبر من الظواهر المتغيرة والمعقدة ومن الصعب وضع قواعد تحكمها وفى صورة يمكن برمجتها. وقد واجهت أبحاث الذكاء الإصطناعى فى مجال معالجة اللغات الحية (Natural Language Processing) العديد من المشاكل بعضها تم التغلب عليه مع التقدم فى قدرات الحاسب وتطور معالجاته (Processors). والبعض الآخر ، وهو الغالب ، والذى ينتمى إلى مشاكل فى البرمجيات (Software) مازال يمثل عقبة كبيرة. ويرجع ذلك ، كما تقدم إلى عدم القدرة على الفهم الجيد لكيفية استخدام اللغة الحية عند البشر وعدم القدرة على وضع نموذج كامل لوصف اللغة الحية.

لذلك يوجد اتجاهان فى أبحاث معالجة اللغة الحية ، الإتجاه الأول هو محاولة وضع نماذج للغة تعتمد على نوع اللغة والمجال الذى تصفه ، والثانى هو محاولة وضع قواعد لغوية يمكن استخدامها لأى غرض وفى أى نص وعن طريقها يمكن فهم أى نوع من اللغات. والإتجاه الثانى يعتبر من أصعب الإتجاهات البحثية فى هذا المجال ولم يوضع إلى الآن نموذج ناجح قادر على استخدامه.

١٣ - ١ المشاكل المصاحبة لفهم اللغة

إن اللغة الدارجة التى يتعامل بها البشر فى العادة تحتوى على كثير من الغموض(Ambiguity) وعدم التحديد (Imprecision) وعدم الكمال (Incompleteness) وذلك بالمقارنة مع اللغة المكتوبة حيث يجب الإلتزام بالقواعد اللغوية التى تحكم اللغة. وهذه المشاكل هى التى تجعل من الصعب على الحاسب أن يفهم اللغة الدارجة التى يتعامل بها البشر مع بعضهم البعض. وتتلخص هذه المشاكل فى الآتى :

أ - الغموض (Ambiguity)

وينتج هذا الغموض من ثلاثة إحتمالات

الأول إحتمال الكلمة لأكثر من معنى مثل :

1 - They kick the door to get in.
2 - The kick was forty yards or more.

فالكلمة (Kick) فى الجملة الأولى تعنى النقر على الباب وفى الجملة الثانية تعنى ركل الكرة. فكيف يفرق الحاسب بين مثل هذا الإزدواج اللغوى ؟

والإحتمال الثانى الغموض فى التركيب اللغوى فمثلا :

I hit the man with a hammer

هل معنى هذا أننى ضربت الرجل الذى يحمل الشاكوش أم أننى ضربت الرجل بالشاكوش. لايمكن تحديد المعنى الذى تحتويه الجملة إلا عن طريق سياق النص التى توجد به. ولكن كيف يقوم الحاسب بمثل هذا التحديد ؟

والإحتمال الثالث عدم تحديد على من يعود الضمير فى الجملة مثل :

Ali hit Adel because he sympathized with Ahmed

ففى هذا المثال من الذى يعود عليه الضمير (he) هل يعود على عادل أم على، أو بمعنى آخر من منهم الذى يتعاطف مع أحمد. وهذا لايمكن تحديده أيضا إلا عن طريق سياق الكلام التى توجد فيه هذه الجملة.

ب - عدم التحديد (Imprecision)

إن معظم الناس غالبا مايعبرون عن مفاهيم أو أفكار معينة باستخدام مفردات أو كلمات غير دقيقة ، مثل :

1 - I have been waiting in the doctor's office for a long time.
2 - The crops died because it hadn't rained in a long time.
3 - The dinasours ruled the earth a long time ago.

ففى هذه الأمثلة الثلاثة يستطيع الإنسان تحديد الفترة التى تمثلها شبه الجملة (a long time) وذلك نتيجة خبرته السابقة فيمكنه تقدير مدة خمسة ساعات مثلا للجملة الأولى وشهر مثلا فى الثانية وعدة قرون فى الثالثة. ولكن كيف يفهم الحاسب مثل هذا التحديد ؟

جـ - عـدم الكمـال (Incompleteness)

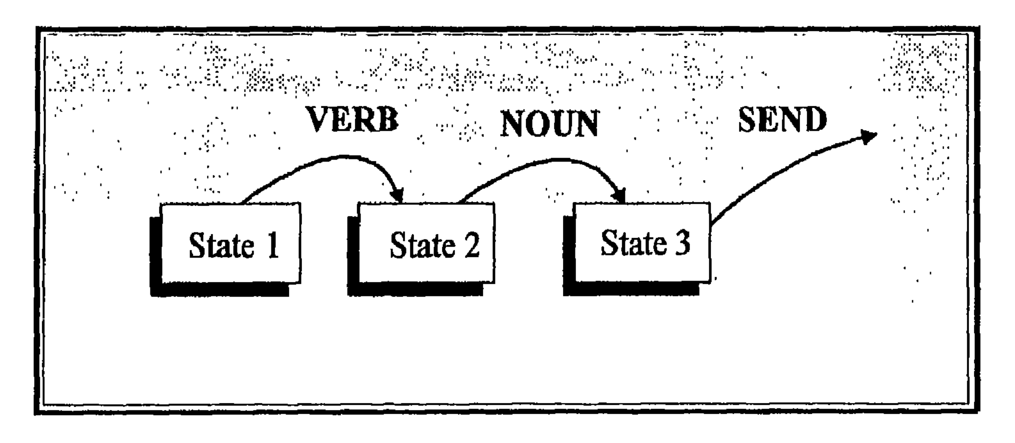
غالبا ما يسقط الناس فى حديثهم كثيرا من التفاصيل بدون فقد فى المعنى المراد. وذلك لأن الناس يمكنهم عن طريق خبرتهم السابقة فهم مابين السطور ومايعنيه المتحدث.

مثل هذه المصاعب التى يواجهها البحث فى معالجة اللغات الحية لاتوجد إلى الآن الحلول التى تتغلب عليها ولكن الجهود التى تبذل فى هذا المجال تعمل على حل بعضها.

ومن المشاكل التى لاقت بعض الحلول التحليل اللغوى وتحليل الجملة من حيث التركيب وذلك نتيجة وجود طرق كثيرة لتمثيل القواعد اللغوية. منها قواعد شبكات الإنتقال التكرارى (Recursive Transition Network Grammers,RTN). وتتميز هذه القواعد بأنها يمكن تطبيقها فى كل من انتاج اللغة وفهم اللغة أو تحليلها. وهناك عدة طرق لتمثيل القواعد اللغوية ولكن طريقة شبكات الإنتقال التكرارى هى الشائعة لسهولتها ولسهولة تطبيقها على الحاسب أى سهولة برمجتها.

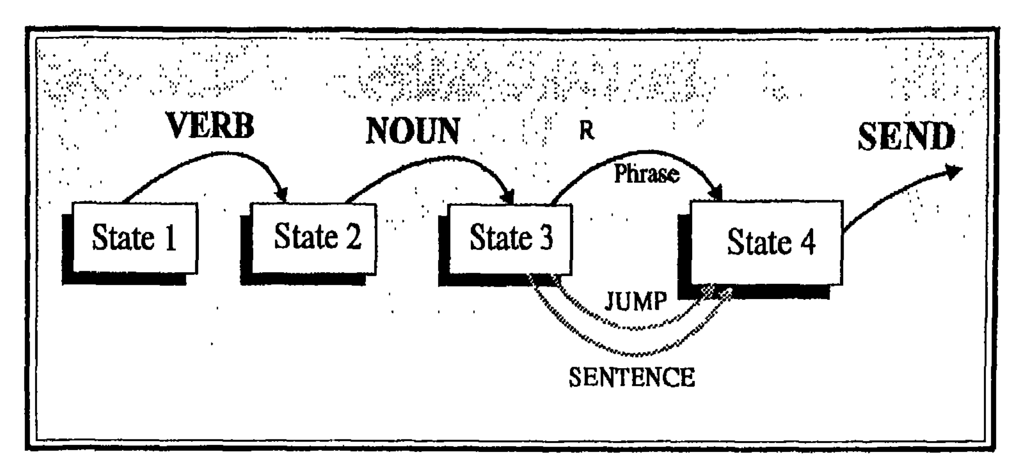
١٣ - ٢ شبكات الإنتقال التكرارى

الفكرة الأساسية لطريقة شبكات الإنتقال التكرارى (RTN) للتحليل اللغوى هى أن الجملة أثناء إعرابها ، أى تحليلها ، تعتبر سلسلة من الحالات. ويبدأ إعراب الجملة من اليسار إلى اليمين وتسمح كل حالة بعدد من الاختيارات أو الإنتقال إلى حالة أخرى. والشكل (١٣ - ١) يمثل قاعدة أو شبكة الإنتقال التكرارى لإعراب جملة مكونة من كلمتين ، مثل جملة الأمر (Open the door).



شكل (١٣ - ١)

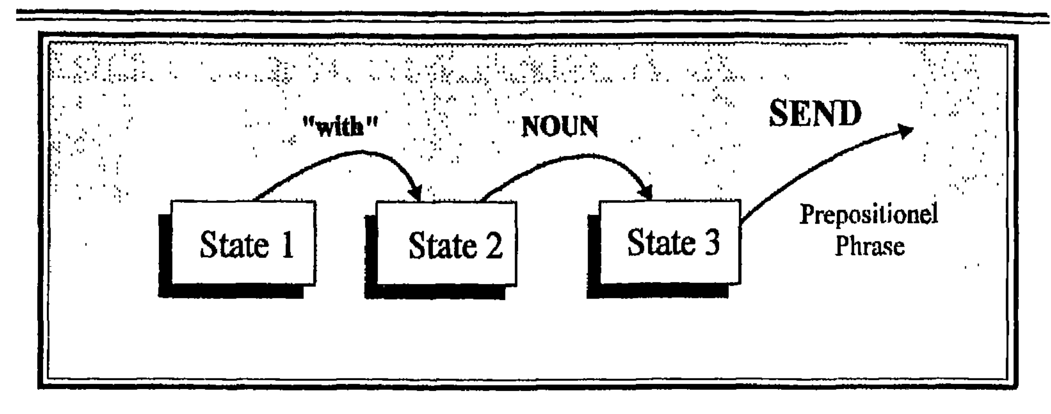
أما الشكل (١٣ - ٢) فيمثل جملة أكثر تعقيدا والتى تسمح بوجود أدوات الربط وشبه الجملة المكونة من الجار والمجرور.



شكل (١٣ - ٢)

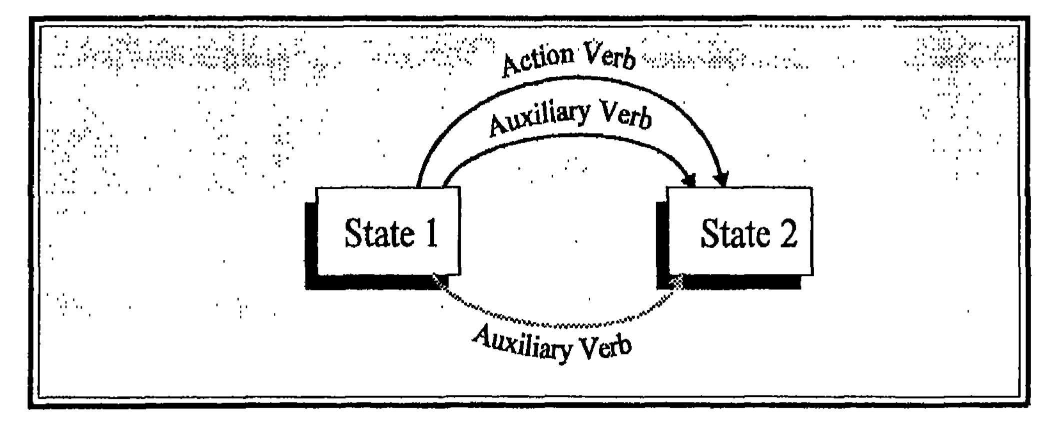
وهذه الأشكال توضح أن الإنتقال من حالة إلى أخرى يتم عن طريق أى مسار من المسارات التى تربط الحالتين ببعضهما ، فمثلا فى الشكل (١٣ - ٢) الإنتقال من الحالة الأولى إلى الثانية يتم فقط إذا كان أول كلمة تمثل فعلا (Verb) وغير ذلك يعطى خطأ. وكذلك الانتقال من الحالة الثانية للثالثة يتم فقط إذا كانت الكلمة الثانية إسما (Noun). أما فى الحالة الثالثة فيوجد أمامنا ثلاثة إختيارات للإنتقال إلى الحالة الرابعة وهى الإنتقال مباشرة عن طريق المسار (JUMP) ، أو فى وجود شبه جملة جار ومجرور (Prepositional Phrase) ، أو الإنتقال فى وجود جملة (Sentence). ويمكن تطبيق هذه الإختبارات بالبرمجة على سبيل المثال كالآتى : الإنتقال المباشر يتم إذا لم توجد كلمات أخرى ، والإنتقال الثانى يتم اذا وجد بعد الإسم حرف جر مثل (With) ، والإنتقال الثالث يتم إذا وجد بعد الإسم أداة ربط مثل (And) ، وبالطبع فإن البحث عن جملة داخل جملة يعتبر إجراء تكراريا (Recursive procedure) له نفس السلسلة من الحالات.

والشكل (١٣ - ٣) يمثل شبه الجملة الجار والمجرور ، فى الحالة الأولى يتم البحث أولا عن كلمة محددة " أداة الجر (with) " مثلا ، وفى الحالة الثانية عن إسم (NOUN) وفى الحالة الثالثة يتم الإنتقال إلى القاعدة السابقة لهذه القاعدة.



شكل (١٣ - ٣)

فكما ترى سهولة وقدرة هذا النموذج علـى تحليـل الجملـة الإنجليزيـة. وبـالطبع ليـس هـذا كـل مـا يمكن تمثيله من القواعد لتحليل الجملة الإنجليزية. فهـذه القواعـد تحتـاج إلـى إضافـات كثـيرة لتغطـى جميع أشكال الجمل الإنجليزية. على سبيل المثال ، ليست جميع الجمل عبارة عن جملة فعلية ، أى تبـدأ بفعل ، فهناك الجملة الأسمية. لذلك فيجب أن يكون هناك مساران للإنتقال من الحالة الأولـى إلـى الحالـة الثانيـة فى شبكات الإنتقال التكرارى بدلا من مسار واحد ، أحدهمـا يسمـح بالإنتقـال إذا كـانت أول كلمـة فعل والآخر إذا كانت إسم. كما أن هناك جمـلا تحتـاج لتمثيلهـا إلـى وجـود ثلاثـة مسارات للإنتقـال مـن الحالة الأولى للثانية ، مثل السؤال ففى اللغة الإنجليزية تستخدم الأفعال المساعدة دائما لتكوين السـؤال. وهذه الحالة تتطلب وجود مسار يسمح بالإنتقال فى وجود إسم والثانى يسمح بالإنتقال فى وجـود فعـل والثالث يسمح بالإنتقال فى وجود فعل مساعد. ومثـل هـذه الشـبكات تقـوم بتحليـل ، أى إعـراب ، ثلاثـة أنـواع مـن الجمـل وهـى الجملـة الإسـمية وجملـة الأمـر وجملـة الطلـب. والشـكل (١٣ - ٤) يوضـح هـذه الإنتقالات.



شكل (١٣ - ٤)

وهكذا يمكن وضع تمثيل لكل قاعدة لغوية يتم تحليل الجملة بها. وهذا مايجعل قواعد شبكات الإنتقال التكرارى (RTN Grammar) - والتى يمكن أن تستخدم لإنتاج الجمل الإنجليزية أو لإعرابها - من أفضل الطرق التى يمكن عن طريقها برمجة الحاسب ليقوم بمعالجة اللغات الحية مثل اللغة الإنجليزية.

١٣ - ٣ طرق معالجة اللغات الحية

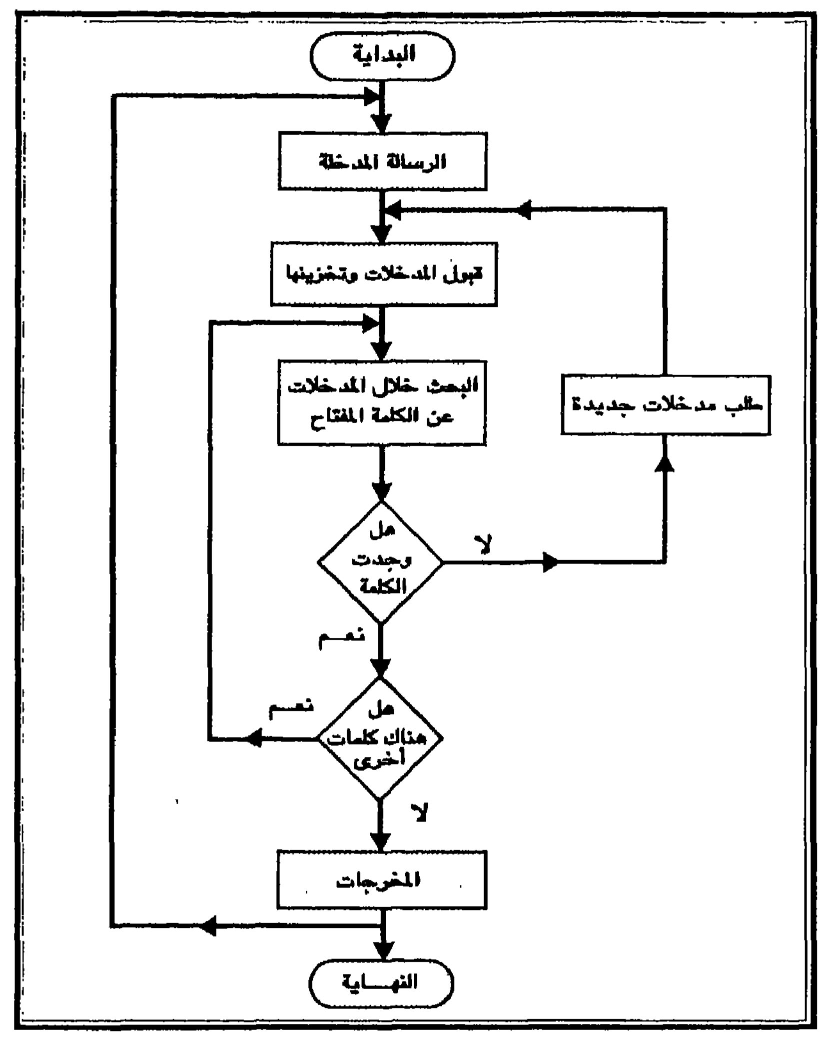
كيف يتسنى للحاسب تحليل المدخلات من اللغة الحية وفهمها ثم انتهاج مسلك معين ؟ وللإجابة على هذا السؤال سوف نتعرض بالنقاش إلى أهم التقنيات الشائعة الإستخدام فى برامج معالجة اللغات الحية. هذه التقنيات هى البحث باستخدام الكلمة المفتاح (Key Word Search) والتحليل الدلالى (Semantic Analysis).

١٣ - ٣ - ١ تحليل الكلمة المفتاح (Key Word Analysis)

هذه الطريقة من الطرق التى استخدمتها البرمجيات القديمة لمعالجة اللغات الحية. وفيها يقوم برنامج معالجة اللغات الحية (NLPP) بالبحث فى الجملة عن الكلمة المفتاح (key Word) وبمجرد العثور عليها يقوم الحاسب بإصدار صوت أو تظهر رسالة معينة على الشاشة تفيد العثور على الكلمة. ويمكن أن تستخدم هذه الكلمة فى فهم الحاسب للمدخلات بحيث يقوم بعدها بعمل بعض التراكيب التى تهدف إلى الحصول على المخرجات. والشكل (١٣ - ٥) يوضح الإجراءات الأساسية التى يستخدمها برنامج معالجة الكلمات الحية لفهم جملة معينة. يبدأ البرنامج بعرض رسالة للمستخدم على شاشة الحاسب يطلب فيها تحديد المدخلات. ومن أمثلة هذه الرسالة :

What can I do for you ?
Tell me your problem ?
What are your instructions ?

وتخزن الاجابة على هذه الأسئلة فى ذاكرة وسيطة للمدخلات (Input Buffer). ثم يقوم البرنامج بالبحث عن كلمات المفتاح فى جملة المدخلات ويستخدم لذلك أسلوب مضاهاة الأشكال (Pattern - Matching) حيث يتم مقارنة كل كلمة فى جملة المدخلات بقائمة من الكلمات سبق تخزينها (Prestored). ولسهولة عملية البحث يجب أن تحتوى القائمة على الكلمة ومرادفاتها. فمثلا يمكن أن تكون الكلمة المفتاح هى " أب " هذه الكلمة يمكن أن يوجد لها العديد من المرادفات مثل " أبى " ، " والد " ، " عائل " ، " راعى ". وهكذا ...



شكل (١٣-٥)

وتنتهى عملية البحث بأحد إحتمالين إما العثور على الكلمة وإما لا. فى حالة عدم العثور على الكلمة تظهر رسالة تفيد ذلك على الشاشة مثل :

I don't understand

Please rephrase your message

والتى تدعو المستخدم إلى إعادة التعبير عن الجملة. أما فى حالة العثور على الكلمة المفتاح فيتم إستكمال عملية البحث باقى الكلمات. وبإنتهاء عملية البحث يقوم البرنامج بالإعداد للمخرجات بناء على مدلول الكلمة المفتاح.

١٢ - ٣ - ٢ التحليل الدلالى (Semantic Analysis)

بالرغم من انتشار إستعمال أسلوب الكلمة المفتاح فهو ذو فائدة محدودة لعدم قدرته على التعامل مع الحالات التى تتغير فيها اللغة بصورة كبيرة. لذلك لجأ الباحثون فى مجال الذكاء الإصطناعى إلى تطوير أسلوب جديد ومعقد لتحليل المدخلات من الجمل واستخراج المعانى منها. ويساعد الأسلوب الجديد على إجراء تحليل تفصيلى على القواعد اللغوية للجملة وتراكيبها اللفظية لتحديد المعنى الحقيقى للجملة وهى ليست بالمهمة السهلة لوجود العديد من الكلمات متعددة المعنى والتى يمكن جمعها بطرق عديدة لتكوين جملة. على سبيل المثال السؤال الآتى يمكن صياغته بخمسة طرق مختلفة :

1 - How many nonstop flights from Cairo to USA?
2 -Do you have any nonstop flights from Cairo to USA ?
3 -I would like to go from Cairo to USA without any layovers ?
4 -What planes leave Cairo and get to USA without stopping ?
5 -It's important that I find a nonstop Cairo - USA flight.

ويلاحظ أن الأسئلة تعطى نفس المعلومات بالرغم من تعدد صورها.

ويمكن لأحد طرق معالجة اللغات الحية بطريقة التحليل الدلالى تحديد المعنى المطلوب عن طريق سؤال المستخدم كالآتى :

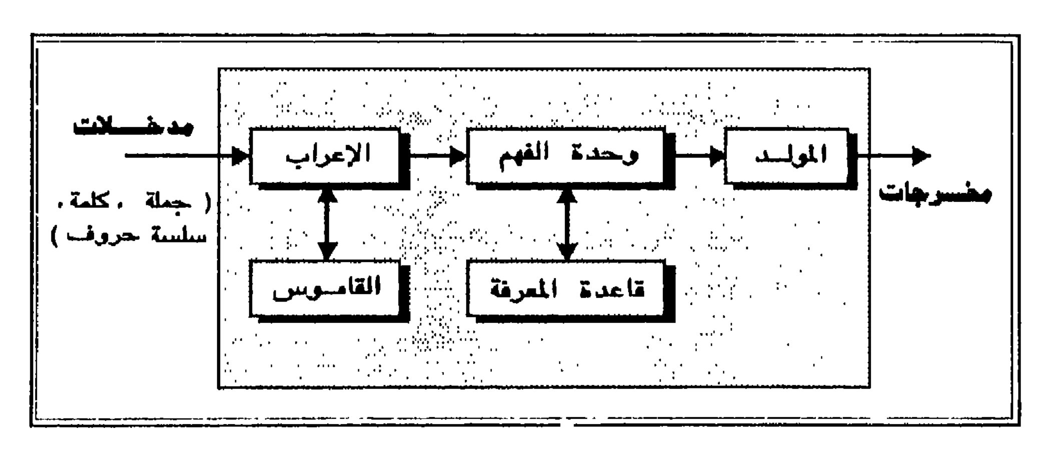
" Do you mean to say ... , "

وتعتمد طريقة التحليل الدلالى على تحليل المدخلات إلى كلمات منفصلة ثم تجميع بعض هذه الكلمات لتكوين مقاطع صغيرة (Morphemes). ويقوم برنامج الإعراب (Parser) بعملية التحليل وذلك بالبحث عن شبه الجملة الأسمية وشبه الجملة الفعلية وجملة الجار والمجرور واختبار ماإذا كان إعراب الجملة صحيحا أم لا واختبار ماإذا كانت الكلمات تنتمى إلى نوعية لغوية معينة.

ويلى ذلك مرحلة التعرف على الكلمات باستخدام القاموس المخزن داخل البرنامج (Lexicon) واختبار صحتها إملائيا وإعطاء قائمة بكل المعانى المحتملة للكلمة ، فمثلا كلمة (Can) يمكن أن تكون فعلا يعنى قدرة (Ability) أو إسم يعنى إناء حاوى (Container) ، كما يتم ربط هذه المعانى بسياق الجملة ومقارنة ذلك ببعض التراكيب المخزنة داخل البرنامج لتحديد أى المعانى أنسب حتى يتم تحديد معنى الجملة كلها بطريقة صحيحة وتساعد وحدة الفهم (Understander) وقاعدة المعرفة فى عملية الفهم.

وتنتهى عملية التحليل الدلالى للمدخلات باستخدام المولد (Generator) للحصول على مخرجات حيث يقوم المولد بتكوين تراكيب بيانات تمثل المعنى المفهوم ويخزنها فى الذاكرة. وهذه البيانات قد تستخدم لتكوين شفرة (Code) للتحكم فى برنامج آخر أو إعطاء أوامر للبرنامج لإنجاز مهمة معينة. والمولدات أنواع منها البسيط الذى يخزن مجموعة من ردود الأفعال الجاهزة ويختار إحداها تبعا للمعنى المفهوم للمدخلات ومنها مولدات شديدة التعقيد (Sophisticated) يمكنها بناء رد الفعل من العدم (From Scratch).

وفى نموذج معالجة اللغات الحية الموضح فى شكل (١٣ - ٦) نلاحظ كيفية عمل وحدة الإعراب (Parser) والقاموس (Lexicon) ووحدة الفهم (Understander) وقاعدة البيانات والمولد معا.



شكل (١٣ - ٦)

وهناك إعتبارات عديدة فى اختيار طريقة المعالجة المناسبة نذكر منها الآتى :

١ - يجب تحديد القدرات المتوقعة من نظام المعالجة مثل قدرات إكتشاف الأخطاء والتحليل الدلالى.

٢- فى حالة توفر قدر كبير من المرونة عند إجراء عمليات التحليل الدلالى سيكون لذلك أثر كبير على اختيار المكونات المادية للحاسب المستخدم.

٣- من الإعتبارات الهامة تحديد ماإذا كان نظام المعالجة سيتعامل مباشرة مع المستخدم (User) أم مع برمجيات أخرى عن طريق وسائل الإتصال المختلفة.

٤- نظرا لاحتواء معظم اللغات الحية على مصادر غموض عديدة يجب أن يكون النظام قادرا على التعامل مع هذه المصادر وخاصة إزالة غموض المعانى المتعددة للكلمة الواحدة تلقائيا دون الحاجة لمساعدة المستخدم.

٥- يجب الأخذ فى الإعتبار طريقة الإتصال بين مخرجات برنامج الإعراب (Parser) ونموذج التطبيق لتحديد متى يتم توصيل المعالج بالبرنامج الموجود.

ويغطى نطاق تطبيق برمجيات معالجة اللغات الحية مساحات عديدة منها الإتصال بين نظم المعالجة والنظم الأخرى ، الترجمة الآلية من اللغات الحية الأخرى إلى لغة الحاسب ، فهم النصوص ، إدارة الوثائق وغيرها من التطبيقات العديدة.

١٣ - ٤ أهمية فهم الحاسب للغة الحية

الآن يأتى السؤال الذى يفرض نفسه وهو لماذا نريد أن يفهم الحاسب اللغة الحية ؟. أو بمعنى آخر ، ماهى التطبيقات التى تحتاج إلى معالجة اللغات الحية ؟ وهذا ماتوضحه الأجزاء التالية.

١٣ - ٤ - ١ بيئة إتصال بين الحاسب والمستخدم

تهدف الكثير من أبحاث معالجة اللغات الحية إلى بناء أو تطوير بيئة إتصال بين الحاسب والمستخدم (Natural Language Interface, NLI). وهى عبارة عن برامج تسمح للمستخدم بالإتصال بالحاسب ، أى التعامل معه ، عن طريق اللغة الحية مثل الإنجليزية. وهذه البيئة ، أو البرامج ، لاتقوم فقط بفهم اللغة الحية ولكن تقوم أيضا بإنتاجها. وذلك حتى تتمكن من فهم السؤال الموجه اليها من المستخدم والرد عليه بعد معرفة الإجابة فى صورة يفهمها المستخدم.

والشكل (١٣-٧) يوضح كيفية عمل برامج الإتصال هذه. حيث يقوم المستخدم بتوجيه السؤال المطلوب بكتابته باللغة الحية ، مثل الإنجليزية ، إلى الحاسب فيقوم برنامج الإتصال (NLI) بترجمة هذا السؤال إلى صورة يفهمها الحاسب. وبعد أن يقوم الحاسب بمعالجة السؤال والرد عليه ، يقوم برنامج (NLI) بترجمة هذا الرد وعرضه على الشاشة باللغة الحية مرة أخرى.

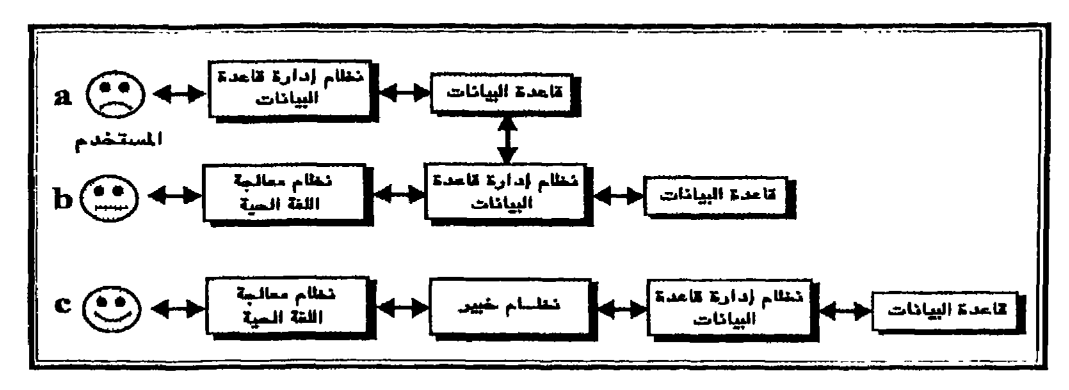


شكل (١٣ - ٧)

١٣ - ٤ - ٢ الإتصال بالنظم الخبيرة

تعتبر معالجة اللغات الحية من الأدوات الهامة للنظم الخبيرة. فهى تخدم النشاطات الآتية : إدارة الحوار مع المستخدمين غير الفنيين ، تقديم الإستشارة ، شرح التوصيات بلغة المستخدم ، واكتساب المعرفة من مهندس المعرفة أو مباشرة من الخبير. والشكل (١٣ - ٨) يوضح بعض التراكيب التى تجمع بين نظم معالجة اللغات الحية والنظم الخبيرة. والجزء (a) من الشكل يوضح إستخداما حقيقيا لقاعدة بيانات مع نظام إدارة قواعد البيانات (DBMS). فى هذه التراكيب يجب أن يتعلم المستخدم لغة إدارة قواعد البيانات وهى مهمة غير سهلة قد تستغرق أسابيع عديدة لإتقانها.

والجزء (b) يوضح إضافة نظام معالجة اللغات الحية (NLP) والذى يسهل من عملية الإتصال ولكن ليس على نطاق واسع. وتوصيل المعالج بنظام إدارة قواعد البيانات مباشرة ليس مهمة سهلة وخاصة فى الحاسبات الكبيرة لهذا يستخدم النظام الخبير ليكون همزة الوصل بين معالج اللغات الحية ونظام إدارة قواعد البيانات كما يتضح فى الجزء (c) من الشكل(١٣ - ٨) وذلك بإتاحة الفرصة للمعالج لاستخدام المعرفة الخاصة بالنظام الخبير. ومن الأمثلة التجارية لهذا النظام نظام (Conversational Advisory System).



شكل (١٣-٨)

١٣ - ٤ - ٣ فهم النصوص

تستخدم برامج معالجة اللغات الحية فى فهم النصوص المكتوبة(Text Understanding) ، حيث يوجد الآن وسائل مثل الماسح الضوئى (Optical Scanner) تجعل الحاسب قادرا على قراءة رسالة مكتوبة والتعرف على الكلمات الموجودة داخل هـذه الرسالة. وهنا يأتى دور برامج فهم اللغة الحية فى جعل الحاسب يفهم محتويات تلك الرسالة والقيام بمعالجتها وإجراء العمليات المطلوبة فيها.

١٣ - ٤ - ٤ الترجمـــة الآليـــة

الترجمة الآلية هى مجال الذكاء الإصطناعى الذى يبحث فى جعل الحاسب قادرا على الترجمة من لغة إلى أخرى. ويستخدم فى هذا المجال برامج معالجة اللغة الحية بالطبع وذلك لفهم النص المكتوب باللغة الأولى وترجمته إلى المعنى المرادف له فى اللغة الأخرى عن طريق برامج إنتاج اللغة الحية (Natural Language Generation Programs).

والأبحاث فى هذا المجال تتركز بكثرة فى أوروبا حيث يوجد عدد كبير من اللغات فى منطقة صغيرة. لذلك وضع مشروع للترجمة الآلية تحت رعاية هيئة السوق الأوروبية المشتركة وبدأ تنفيذه فى خمسة عشر جامعة فى ثمانية بلدان أوروبية. كما أن هيئة التلغراف والتليفونات اليابانية عرضت نظام ترجمة آلية يقوم بالترجمة من الإنجليزية إلى اليابانية والعكس.

الفصل الرابع عشر

الرؤية بالحاسب

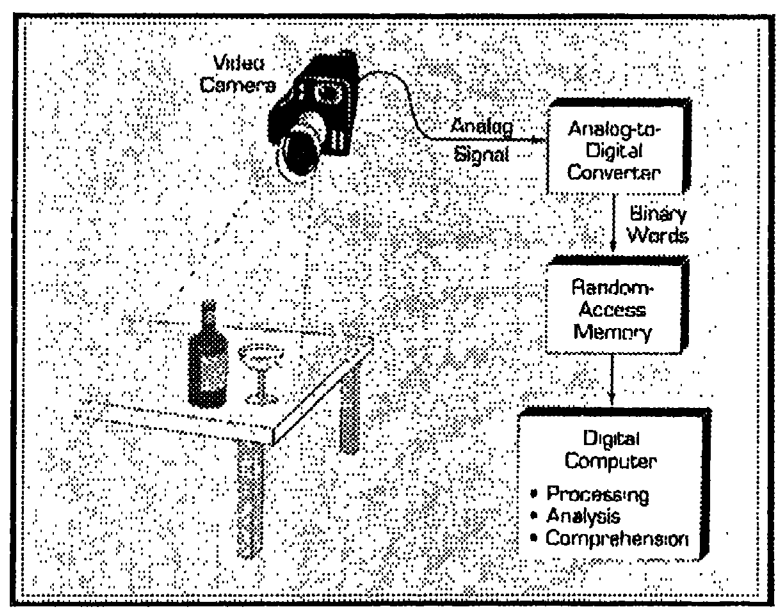
(Computer Vision)



تستخدم نظم الذكاء الإصطناعى (AI) طرقا عديدة لمحاكاة عمليات التفكير والإستنتاج المنطقى عند الإنسان. ولأن وظيفة العقل لاتقتصر على عمليات التفكير والإستنتاج بل تتعداها إلى التحكم فى كل حواس الإنسان وأهمها الرؤية والتى تمثل المدخلات(Inputs) التى يستطيع العقل عن طريقها التفاعل مع البيئة المحلية والتحكم فى أجهزة الجسم. لهذا بدأت محاولات عديدة لمحاكاة عملية الرؤية فىالإنسان باستخدام الحاسب. وتتم عملية محاكاة الرؤية فى الإنسان باستخدام الحاسب على أربعة مراحل : إكتساب الصورة ، معالجة الصورة ، تحليل الصورة وأخيرا فهم الصورة.

١٤ - ١ إكتساب الصورة (Image Acquisition)

فى معظم نظم الرؤية بالحاسب تستخدم كاميرا فيديو كعين للحاسب حيث تقوم الكاميرا بترجمة الصورة إلى إشارات كهربية ثم تترجم هذه الإشارات إلى أعداد ثنائية (Binary Numbers) يستطيع الحاسب التعامل معها. ومخرجات الكاميرا عبارة عن إشارات تناظرية (Analog Signals) تعبر عن شدة الإضاءة فى كل جزء من الصورة. ثم يستخدم محول تناظرى رقمى (Analog-to-Digital) يقوم بتحويل الإشارات التناظرية إلى أعداد ثنائية يتم تخزينها فى الذاكرة حتى يتم معالجتها. أنظر شكل (١٤-١).

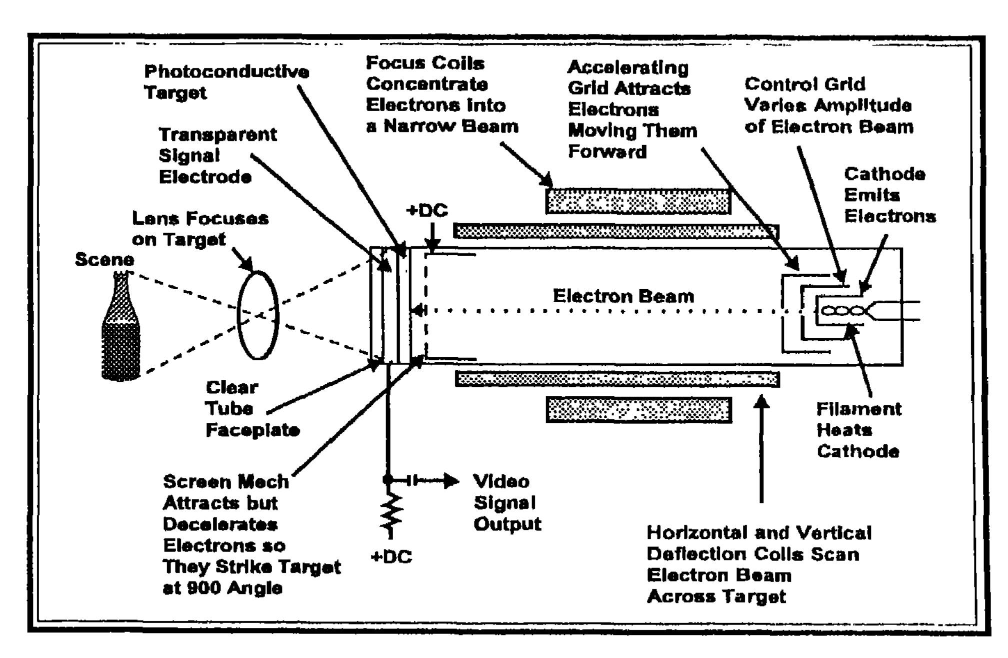


شكل (١٤-١)

وسوف نتناول فيما يلى العناصر المساعدة لاكتساب الصورة بمزيد من التفاصيل.

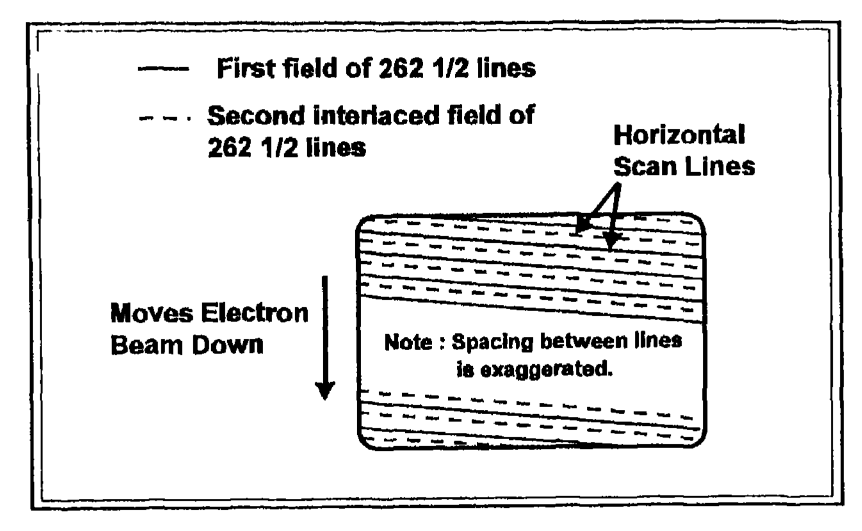
١٤ - ١ - ١ كاميرات الفيديو (Video Cameras)

من الأجهزة شائعة الإستخدام مع كاميرات الرؤية بالحاسب والتى تقوم بتحويل الضوء إلى إشارات كهربية أنبوبة فيديكون (Vidicon Tube) وهى شائعة الإستخدام فى كاميرات التليفزيون. كذلك يستخدم مع كاميرات الرؤية جهاز آخر يسمى الشاحن الزوجى (Charged Coupled Device) ويختصر (CCD).ويوضح الشكل (١٤-٢) رسما تخطيطيا لأنبوبة فيديكون. وأكثر الأجزاء أهمية فى هذا الجهاز هو هدف توصيل الصورة (Photo Conductive Target)، وتقوم العدسات بتركيز الصورة على الهدف الذى يقوم بتخزينها على هيئة شحنات كهربية وتتغير شدة التوصيل حسب كمية الضوء الممتصة. ويتكون باقى الأنبوبة من مسدس إلكترونات (Electron Gun) محاط بملفات مغناطيسية (Magnetic Coils) حيث يقوم الكاثود بتوليد مجموعة كبيرة من الإلكترونات التى تتركز فى صورة عمود (Beam) يصطدم بالهدف من الداخل. وهناك أيضا ملفات مغناطيسية تحيط بالأنبوبة تتحكم فى الإنحراف الأفقى والرأسى لعمود الإلكترونات والذى ينتج عنه مسح شامل للوجه الداخلى للهدف. هذا المسح ينتج عنه سريان التيار الكهربى بين الهدف وقطب الإشارات الشفاف (Transparent Signal Electrode) ويتناسب هذا التيار مع شدة الإضاءة. ومحصلة كل ماسبق هو الاشارات الخارجة من كاميرا الفيديو.



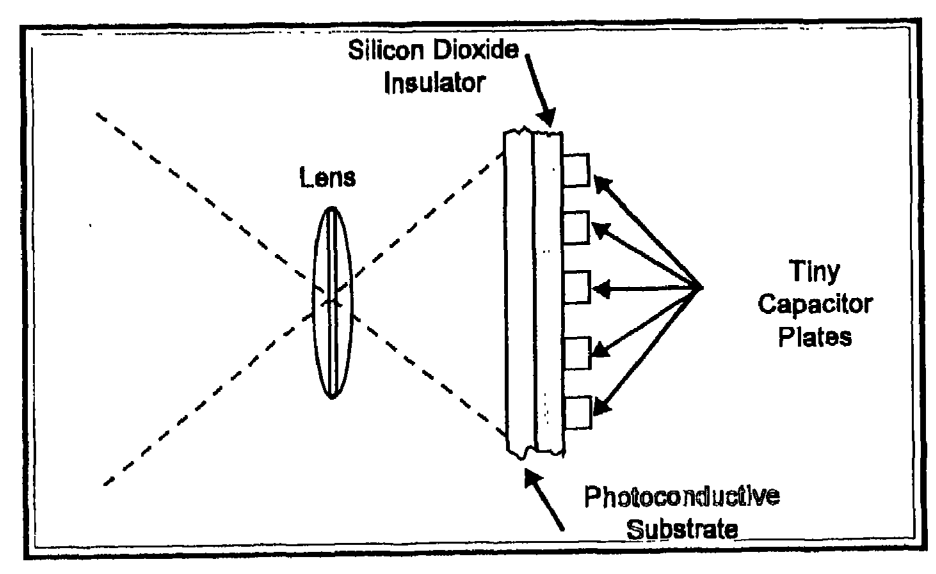
شكل (١٤-٢)

وفـى عمليـة مسـح الهـدف يتـم مسح (٥٢٥) سطـر كمـــا هــــو متبــــع فــــى نظـــام (NTSC) ، أنظـر شــكل (١٤ - ٣).



شكل (١٤ - ٣)

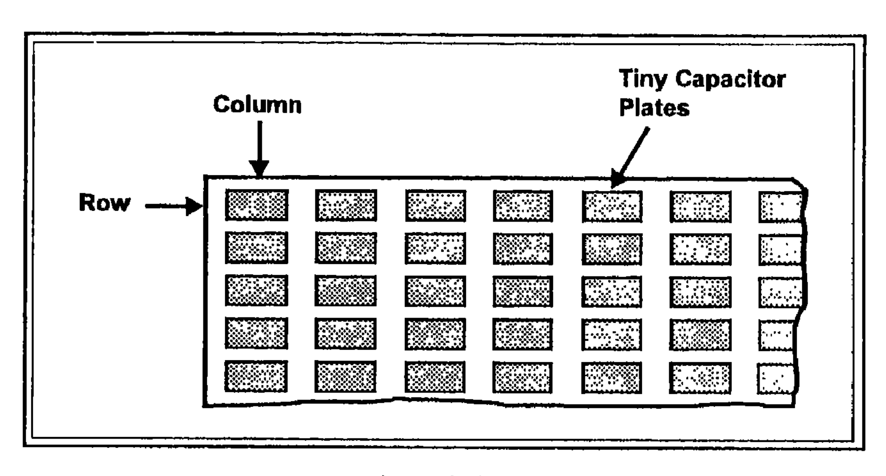
ومــــن الأجهـــزة المشـــــابهة لأنبوبــــــة فيديكـــــون جهـــــاز الشـاحـــن الزوجــــى (Charged Coupled Device) والموضـح فــى شــكل (١٤ - ٤). والجهـاز عبـارة عـن دائـرة متكاملـة حساسـة للضـوء (Light Sensitive) يقـوم بتحويـل الصـورة إلـى إشـارات كهربيـة وذلك كمـا يلـى :



شكل (١٤ - ٤)

تقوم العدسات بتركيز الصورة على شريحة من السليكون موصلة للصورة بمعنى أنها تقوم بامتصاص الضوء وتخزينه على صورة شحنة كهربية فى آلاف من الألواح المكثفة الصغيرة (Tiny Capacitor Plates) مرتبة فى مصفوفة ذات أبعاد (٥٤ x ٦٤) أو (١٩٠ x ٢٤٤) أو (٣٩٠ x ٤٨٨)، أنظر شكل (١٤ - ٥). ويفصل شريحة السيلكون عن باقى الأقطاب المعدنية الصغيرة (Tiny Metal Electrodes) طبقة رقيقة من ثانى أكسيد السليكون.

ويتسبب الضوء الساقط على شريحة السليكون فى شحن المكثفات ثم يتم تفريغ الشحنة فى مستوى يعتمد على شدة الضوء. ولقراءة الصورة يتم التأثير على أقطاب المكثف بالتتابع من اليمين إلى اليسار باستخدام فولت متحكم (Control Voltage) ينتج عنه تفريغ المكثف وتنتقل الإشارات التناظرية إلى شريحة السليكون وكلما زاد عدد المكثفات زادت درجة وضوح الصورة وجودتها.

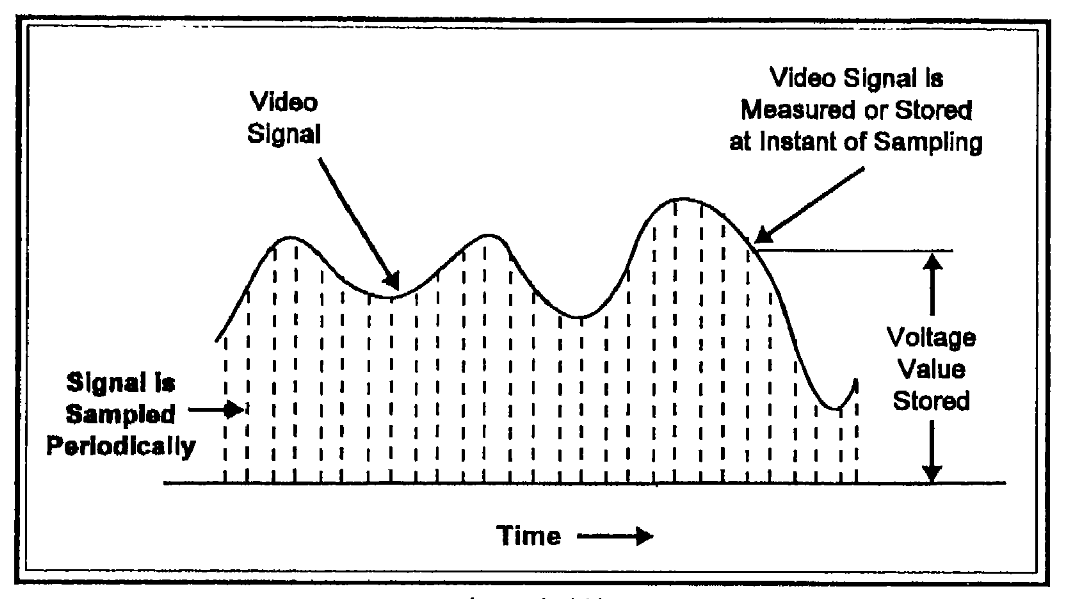


شكل (١٤ - ٥)

ويفضل استعمال جهاز الشاحن الزوجى فى مجال الروية بالحاسب نظرا لصغره وشدة حساسيته بالإضافة إلى الفولت المنخفض اللازم لتشغيله مقارنة بأنبوبة فيديكون. ومعظم أجهزة الرؤية بالحاسب لاتتعرف على الألوان بل تترجم الألوان إلى درجات من اللون الرمادى أى أن الرؤية بالحاسب تكون أبيض وأسود. والنظم المعدودة التى تتعرف على الألوان مكلفة جدا وشديدة التعقيد مثل نظام (NAVLAB).

١٤ - ١ - ٢ التحويل من تناظرى إلى رقمى
(Analog - to Digital Conversion)

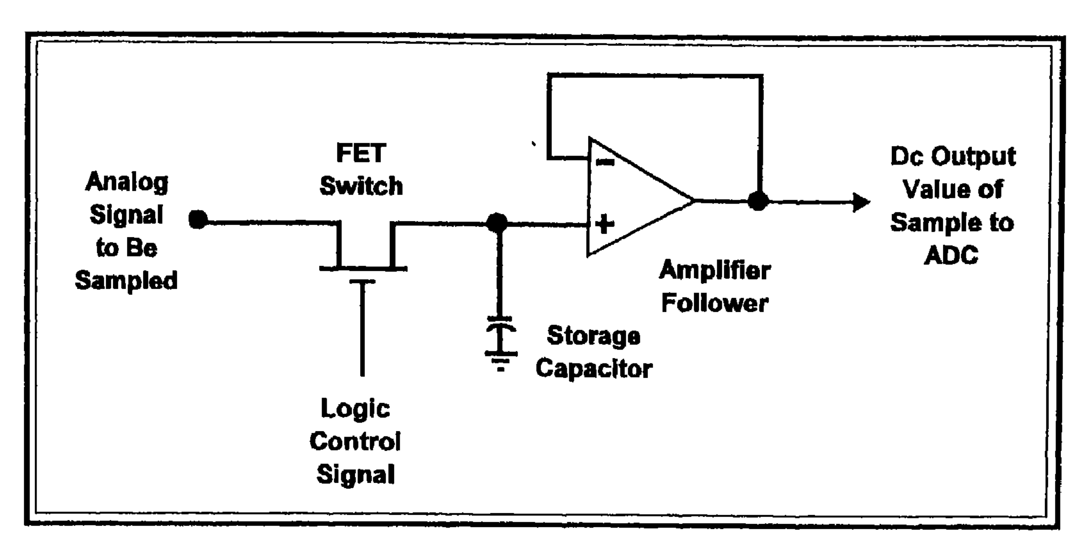
يتم تغذية مخرجات كاميرا الفيديو إلى محول تناظرى - عددى (Analog - to Digital Converter) ويرمز له بالحروف (ADC). ويقوم المحول بتجزئة الإشارات التناظرية ثم يحولها إلى أعداد ثنائية متوازية. ويوضح الشكل (١٤-٦) عملية تجزئة (Sampling) للإشارات والتى تتم باستخدام جهاز يسمى (Sample / Hold Amplifier) كالموضح بالشكل (١٤-٧).



شكل (١٤-٦)

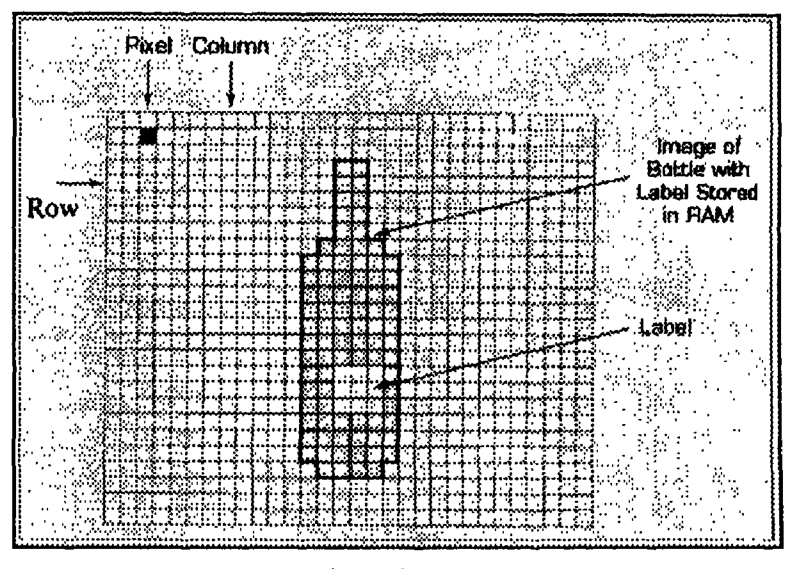
وكل مرة يتم فيها تجزئة الإشارات التناظرية بواسطة (ADC) يقال أن عنصر صورة (Pixel) قد تكون. وعنصر الصورة هو قيمة شدة الإضاءة فى نقطة معينة على خط ما فى الصورة التى يتم مسحها. والخط الواحد يتكون من (٢٠٠) إلى (٥٠٠) عنصر صورة.

وعدد المخرجات من الخانات (Bits) من جهاز (ADC) تحدد درجة وضوح الصورة. ومتاح حاليا ثمانية خانات من المخرجات (8-Bits) تستطيع خلق (٢٥٦) درجة من درجات اللون الرمادى ممايعنى جودة ودقة متناهية لأصغر تفاصيل الصورة.



شكل (١٤ - ٧)

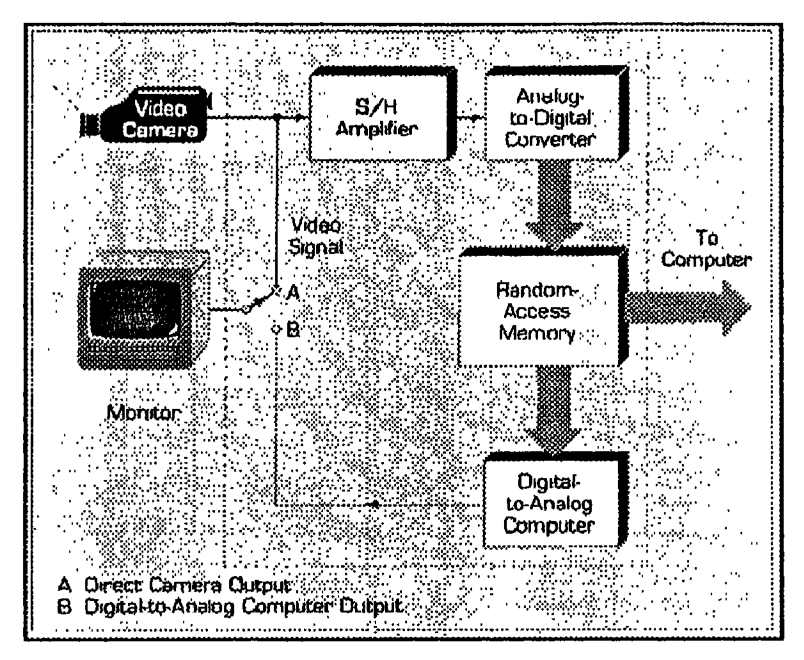
وبتجزئـة إشـارات الفيديـو يتـم تحويـل كـل سـطر فـى الصـورة الممسـوحة إلـى نقـط ضوئيـة ذات درجـات متغيـرة مـن اللـون الرمـادى وينتـج عـن ذلـك مصفوفـة مـن الخلايـا التـى تعـبر عـن الصـورة. أنظـر شـكل (١٤ - ٨).



شكل (١٤ - ٨)

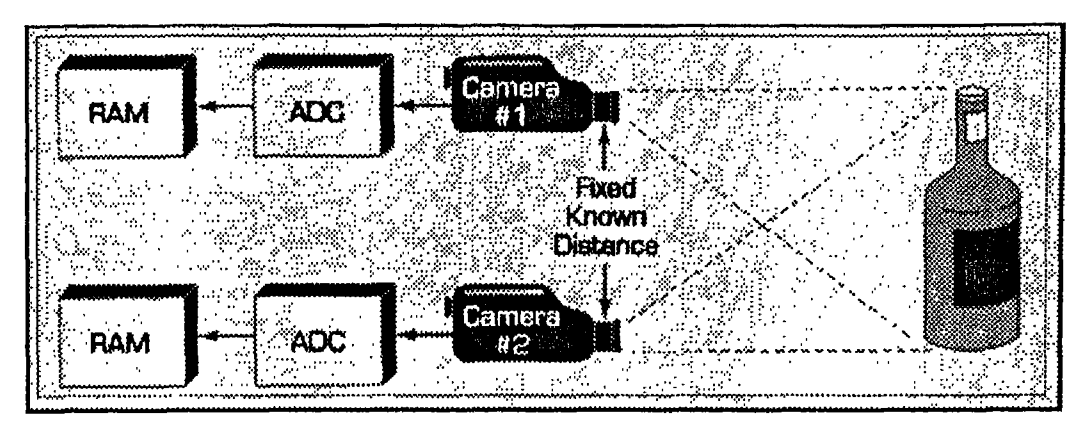
والخلية الضوئية (Pixel) التى تمثل برقم ثنائى مكون من ثمانية خانات (8 - Bits) تخزن فى الذاكرة العشوائية (RAM). وفى معظم نظم الرؤية بالحاسب تستخدم ذاكرة عشوائية (RAM) خاصة بالرؤية ومنفصلة عن الذاكرة العشوائية المعتادة الخاصة بالحاسب وتسمى ذاكرة وسيطة (Buffer RAM) وتظل الصورة فى الذاكرة لحين تحسينها وتحليلها أو تحويلها إلى أشكال مختلفة.

ومن المكونات المادية لنظم إكتساب الصورة أيضا شاشة عرض تعرض ما سجلته كاميرا الفيديو للتحكم فى ضبط الصورة قبل تسجيلها ، أنظر شكل (١٤ - ٩) الذى يوضح المكونات المادية لنظام الرؤية بالحاسب.



شكل (١٤ - ٩)

والصورة الناتجة من كاميرا الفيديو تكون ثنائية البعد (Two-dimensional) وبالتالى لانستطيع رؤية العمق ولا تحديد المسافات الفعلية بين الأشياء فى الصورة الواحدة لذلك يمكن إستخدام إثنين كاميرا فيديو لتكوين صورة ثلاثية البعد كما يوضح شكل (١٤ - ١٠). وبمجرد تحليل وتخزين إحدى الصورتين فى الذاكرة يقوم الحاسب وبمساعدة الصورة الثانية بإجراء بعض العمليات الحسابية يتم بها تحديد وإظهار المسافات بين الأشياء وبعضها. والنظم ثلاثية البعد تكون عالية التكلفة وشديدة التعقيد وكذلك البرمجيات الخاصة بمعالجة البيانات مما يحد من استعمال هذه النظم.



شكل (١٤ - ١٠)

١٤ - ٣ معالجة الصورة (Image Processing)

تبدأ معالجة الصورة بمجرد تخزينها على شكل بيانات ثنائية (Binary Data) فى الذاكرة والمعالجة هى عملية تحسين الصورة (Image Enhancement) ورفع جودتها.

فمنذ اللحظة الأولى التى تدخل فيها الصورة إلى الحاسب تتأثر وتهتز نتيجة بعض عيوب النظام (System Imperfection) مثل الإهتزاز الناتج من العدسات أو عدم دقة مسح الهدف فى نظم إكتساب الصورة مما ينتج عنه تغيير فى تمثيل شدة إضاءة بعض أجزاء الصورة وكذلك عدم دقة عملية التحويل من إشارات تناظرية إلى أعداد ثنائية. وقد تؤثر حساسية الكاميرا ومستوى الإضاءة وانعكاس الضوء من عدسة الكاميرا على درجة وضوح الصورة. أيضا تتسرب الموجات الكهربية التى تتداخل مع الاشارات التناظرية فيما يعرف بالتداخل (Noise) فى وجود نقط بيضاء وسوداء فى خلفية الصورة.

وتستخدم طرق معالجة الصورة فى التغلب على معظم هذه المشاكل والأجزاء التالية توضح بعض هذه الطرق.

١٤ - ٣ - ١ مرحلة ماقبل المعالجة (Preprocessing)

وتشمل هذه المرحلة تركيب مرشحات (Filters) للعدسات للتحكم فى كمية الضوء ولون العدسة وتأثير شدة إضاءة الأشياء فى الصورة. أيضا تشمل هذه المرحلة

التحكم فى وضع مصادر الإضاءة (Light Sources) لرفع معدلات الرؤية ومنع انعكاس الإضاءة من الشىء المراد تصويره.

١٤ - ٢ - ٢ تقليل التداخل (Noise Reduction)

ويتم ذلك بأخذ أكثر من صورة لنفس المنظر ثم أخذ متوسطات لهذه الصور (Averaging) . ونظرا للطبيعة العشوائية للموجات الكهربية المتداخلة فإن عملية أخذ المتوسطات تقلل مستوى تأثير هذا التداخل لأقل مستوى. وتتطلب عملية أخذ المتوسطات ذاكرة كبيرة لاستيعاب مجموعة الصور الممثلة فى صورة أعداد ثنائية حيث يتم جمع خلايا الصورة المتماثلة (Pixels) فى كل صورة ثم تقسيم المجموع على عدد الخلايا لنحصل على المتوسط.

١٤ - ٢ - ٣ تعديل مستوى اللون الرمادى (Gray Scale Modifications)

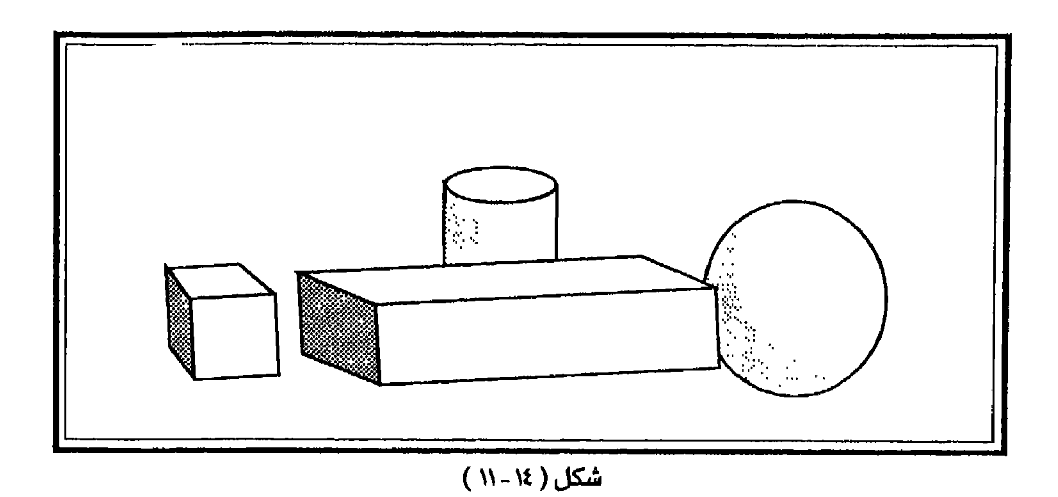
وهى عملية إضاءة أو تعتيم الصورة. فمثلا نفرض أن درجة وضوح خلية الصورة فى النظام الثنائى الممثل بثمانية خانات هى (00000000) للتعبير عن اللون الأسود و (11111111) للتعبير عن اللون الأبيض. لذلك فإن كل قيم للأعداد بين هذين العددين تمثل درجة من درجات اللون الرمادى. فإذا كانت الصورة معتمة جدا فإن كل قيمة من قيم الأعداد الثنائية للخلايا تكون صغيرة وباضافة رقم ثنائى ثابت لهذه الأعداد يمكن زيادة إضاءة الصورة.

والتباين فى الصورة (Contrast) هو عبارة عن الفرق بين أعتم نقطة وأوضح نقطة فى نفس الصورة. وهذا التباين يمكن التحكم فيه عن طريق ضبط درجة اللون الرمادى. وبناء على نوع الجودة المطلوبة يمكن جمع أو طرح أو ضرب أو قسمة الأرقام الثنائية لخلايا الصورة على رقم ثابت باستخدام الحاسب وينتج عن ذلك تحسين التباين والحصول على تفاصيل دقيقة لأصغر الأشياء فى الصورة.

وتستخدم طرق معالجة الصور فى مجال الأقمار الصناعية لتحسين صور الكواكب والمجرات الملتقطة وفى مجال الطب وفى أجهزة السونار والرادار واستقبال الموجات المنعكسة من هدف معين لتحديد شكله.

١٤ - ٣ تحليل الصورة (Image Analysis)

هى عملية تحديد وتعريف الأشياء فى الصورة باستخدام نظم الذكاء الاصطناعى. وتبدأ هذه العملية بتحديد بعض النطاقات (Regions) والحدود الخارجية (Boundaries) أو الجوانب (Edges) وتحديد أسطح التداخل (Interface) بين أى سطحين مختلفين أو بين مقدمة شىء وخلفية شىء آخر كذلك الخط الفاصل بين أى جسم وظله (Shadow) وحدود الظل نفسه. والشكل (١٤ - ١١) يوضح بعض الأمثلة.



شكل (١٤ - ١١)

ويلى تحديد الجوانب والحدود الخارجية عملية ضبط نعومة الأسطح (Surface Smoothing) وذلك بإزالة النتوءات (Irregularities) أو الظلال قبل عملية التعرف على الأشياء. وإزالة النتوءات تتم باستخدام برمجيات خاصة تقوم بأخذ متوسطات الأعداد الثنائية قبل وبعد النتوء وإسنادها إلى قيم الخلايا (Pixels) فى منطقة النتوء.

١٤ - ٤ فهم الصورة (Image Understanding)

بعد عمليات المعالجة والتحليل والتى تتم باستخدام العديد من الخوارزميات مايزال الحاسب غير قادر على فهم محتويات الصورة وماتمثله الأجسام داخل الصورة والعلاقات بينها وهنا تأتى مهمة نظم الذكاء الإصطناعى (AI). وهذه النظم تستخدم قواعد معرفة (Knowledgebases) بها العديد من الأشكال الخاصة بأشياء عديدة.

وعن طريق عمليات البحث (Search) ومضاهاة الأشكال (Pattern Matching) والتى تتم باستخدام برمجيات خاصة يستطيع الحاسب التعرف على الأجسام داخل الصورة وفهم مايرى.

وعلى العكس من عملية تحليل الصورة التى تهتم بالخواص الوضعية فإن فهم الصورة يتم عن طريق إستخراج الخواص الكلية (Global) للصورة. وهناك أربعة منهجيات لتحقيق ذلك كالآتى :

- المعالجة الهرمية من أسفل إلى أعلى (Hierarchical Bottom-Up Processing) وهذه المعالجة مناسبة للحالات البسيطة التى تحتوى على عدد محدد من الأشياء المعروفة مقدما.

- المعالجة الهرمية من أعلى إلى أسفل (Hierarchical Top-Down Processing) وهى تناسب البحث المباشر عن هدف معين أو شىء محدد الأبعاد. والمعالجة الهرمية بنوعيها يمكن استخدامها فى النظم الصناعية المعقدة.

- المعالجة غير الهرمية وفيها يتم مراقبة كل جزء من أجزاء النظام باستخدام طريقة التحكم الموزع (Distributed Control) وذلك لتحسين عمله حسب الحاجة.

- أسلوب السبورة (Blackboard Approach) وفيه يتم التفاعل بين كل الأجزاء عن طريق قاعدة بيانات عامة تسمى السبورة (Blackboard) وهذا الأسلوب مفيد عند الإحتفاظ بالعديد من الإفتراضات ومتابعتها فى مستويات مختلفة.

ومعظم الأبحاث التى تمت فى مجال الرؤية بالحاسب إهتمت بالصعوبات الناتجة من تحويل الأجسام ثلاثية الأبعاد إلى صور ثنائية الأبعاد والتى من خلالها يستطيع الحاسب التعرف على هذه الأجسام. وتحتوى بعض نظم الرؤية على محلل الصور ثنائية البعد والذى يستخدم طريقة مضاهاة القوالب (Templates Matching).

والقالب (Template) المخزن فى الذاكرة على صورة أرقام ثنائية هو عبارة عن الشكل الخارجى لجسم معين وعن طريق عملية المقارنة التى تتم أثناء البحث ومطابقة الأشكال تحدث عملية التعرف (Identification). وتتسم عملية المطابقة بالصعوبة نتيجة ثبات

القالب فى الحجم (Size) والإتجاه (Orientation). ويمكن التغلب على هذه الصعوبة عن طريق تخزين أحجام مختلفة واتجاهات عديدة للقالب أو تغيير حجم ووضع القالب المخزن باستخدام برمجيات خاصة لمطابقة حجم ووضع الجسم أو الشىء المطلوب التعرف عليه.

وبساطة عملية المقارنة جعلتها أساس معظم نظم الرؤية فى الصناعة والأغراض العسكرية. وهناك طرق عديدة لتحسين عملية فهم الصورة منها إستغلال معلومات مختلف أنواع الإستشعار (Sensors) مثل الرؤية واللمس ودمجهم للحصول على نتائج أحسن كذلك يمكن إستعمال الإنعكاس الضوئى (Light Reflectance) ومرشحات خاصة (Filters) مع الكاميرا لتحسين التباين (Contrast) بين المواد المختلفة (معادن ، بلاستيك ... الخ) فى نفس الصورة. ومن أهم تطبيقات الرؤية باستخدام الحاسب عمليات رؤية الآلة (Machine Vision) والتحكم فى الجودة (Quality Control) وكذلك الانسان الآلى (Robot).

الفصل الخامس عشر

التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

(Speech Recognition and Robotics)



إن مجال الذكاء الإصطناعى والجهود التى تبذل فيه تهدف إلى تحسين قدرات الإنسان. وعلى سبيل المثال ، نجد أن النظم الخبيرة يمكن أن توفر الخبرة لأى إنسان والتى يتطلب إكتسابها سنوات من التعليم والتدريب. كما أن نظم معالجة اللغات الحية تسمح للإنسان بالتعامل مع آلة معقدة مثل الحاسب بدون تعلم القواعد الأساسية والخاصة بالتعامل معها (مثل لغات الحاسب ونظم التشغيل). وهناك العديد من تطبيقات الذكاء الإصطناعى الأخرى التى تهدف إلى توفير وقت الإنسان وجهده. وقد تعرفنا على بعضها من قبل ، مثل الترجمة الآلية وفهم النصوص ، وفى هذا الفصل نتعرف على المزيد من هذه التطبيقات والتى لها علاقة مباشرة بقدرات الإنسان ، مثل " معالجة الكلام " (Speech Processing) و " الإنسان الآلى " (Robot).

١٥ - ١ معالجة الكلام (Speech Processing)

تعرفنا من قبل على معالجة اللغات الحية وعرفنا أنها تهدف إلى توفير إمكانية التعامل مع الحاسب عن طريق الكتابة (كمدخلات) أو القراءة (كمخرجات) باللغة الحية التى يتعامل بها الناس مع بعضهم البعض. ولكن هذه الوسيلة تختلف عن لغة التخاطب العادية التى يستخدمها الناس للإتصال مع بعضهم البعض وهى الكلام (Speech). ومعالجة الكلام (Speech Processing) تنقسم إلى شقين ، مثلما تنقسم معالجة اللغة الحية إلى فهم اللغة (Understanding) وتوليد اللغة (Generation) ، وهذان الشقان هما :

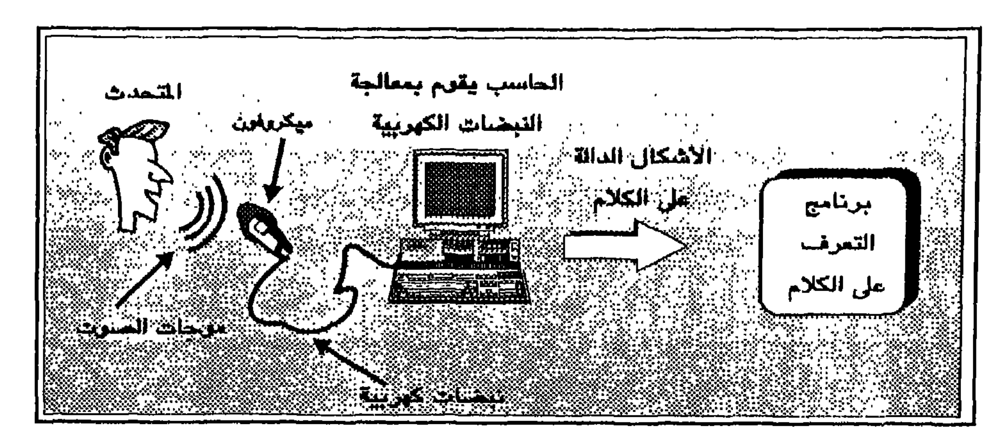
١ - التعرف على الكلام (Speech Recognition)
٢ - تخليق الكلام (Speech Synthesis)

والتعرف على الكلام هو الوسيلة التى تجعلك قادرا على الإتصال بالحاسب عن طريق التحدث إليه مباشرة. وفى الحقيقة كلمة التعرف على الكلام تطلق فقط على الجزئية الأولى من هذه العملية وهى " التعرف على الكلمات التى أمليت على الحاسب دون تفسيرها " أما عملية فهم وتفسير هذه الكلمات فتسمى بفهم الكلام (Speech Understanding).

١٥ - ١ - ١ كيفية التعرف على الكلام

كما يتضح من الشكل (١٥ - ١) فإن الكلام ينتقل خلال الهواء فى صورة موجات متغيرة التردد والشدة. وعند وصول هذه الموجات للميكروفون يقوم الميكروفون بتحويل هذه الموجات إلى إشارات كهربية (Electronic Signals) يستطيع الحاسب

التعامل معها وتحليلها وتسمى هذه العملية معالجة النبضات الكهربية (Signal Processing) ، كما يتم تصميم وتصنيع معالجات دقيقة (Microprocessors) خاصة لهذه العملية ، حيث تحتاج إلى عمليات معقدة وتحتاج إلى سرعة كبيرة للمعالجة.



شكل (١٥ - ١)

ويوضح الشكل أن هناك برنامجا خاصا يقوم بالتعرف على الكلام الناتج من معالجة الحاسب للإشارات الكهربية وذلك بمقارنته بالكلمات المخزنة بالقاموس. ولكن هذه الطريقة يقابلها مصاعب كبيرة منها أنه لايوجد شكل ثابت للكلمات لبناء ذلك القاموس وذلك للأسباب التالية :

١ - يختلف شكل النبضات لنفس الكلمات بين شخصين مختلفين.
٢ - يختلف شكل النبضات الصادرة من شخص واحد لكلمة واحدة إذا قالها أكثر من مرة إختلافا كليا ، وذلك لأن نطق الكلمة يعتمد على حالة المتحدث وسياق الحديث.

مثل هذه المشاكل جعلت أبحاث التعرف على الكلام تنقسم إلى عدة طرق بحثية يمكن تصنيفها حسب المتحدث وسياق الكلام كما سوف يتضح فى الأجزاء التالية.

أ - المتحدث (Speaker)

نتيجة للإختلاف فى شكل النبضات للكلمات من شخص لآخر فقد ظهر نظامان للتعرف على الكلام. النظام الأول يعتمد على المتحدث (Speaker-Dependent Recognition) ، حيث يصمم النظام بحيث يتعرف على الكلام من شخص معين ، ويقوم الشخص فى هذه الحالة بتعليم النظام صوته ، وذلك عن طريق

توجيه بعض الكلمات والجمل الى النظام وتكرارها عدة مرات حتى يتعرف النظام على الإختلافات الناتجة من التكرار.

أما النظام الثانى فهو لايعتمد على المتحدث (Speaker-Independent Recognition) ، ويصمم هذا النظام بحيث يتعرف على الكلام لأى متحدث. وتصميم هذا النظام يعتبر أصعب بكثير من النظام الأول.

ب - سياق الكلام (Context)

أما الإختلاف الناتج من كيفية نطق الكملة فى الجملة طبقا لسياق الكلام فقد أدى إلى ظهور ثلاثة طرق للتعرف على الكلام ، وهى :

- النظام الأول هو التعرف على الكلمة المنفصلة (Isolated Word Recognition,IWR) ، ويقوم هذا النظام بالتعرف على الكلام الذى يوجد فاصل زمنى بين كل كلمة وأخرى فيه حيث يصبح فصل كل كلمة عن الأخرى عملية سهلة. وهذا النظام لاقى نجاحا على مدى العشرين عاما السابقة.

- النظام الثانى هو التعرف على الكلمات المتصلة (Connected-Word Recognition ,CWR) وهو نظام أكثر تعقيدا من النظام السابق وذلك لأنه يقوم بالتعرف على الكلمات المتصلة والتى لايوجد فاصل زمنى بين كل كلمة وأخرى فيها. لذلك فإن فصل الكلمات عن بعضها البعض يحتاج إلى عمليات أكثر تعقيدا.

- النظام الثالث هو التعرف على الكلام المستمر (Continuous Speech Recognition ,CSR) ، ويصمم هذا النظام بحيث يمكنه التعرف على الكلام أثناء المحادثة العادية كما تحدث بين شخصين.

وقد تضمنت تجارب التعرف على الكلام معظم هذه الطرق منفردة وبعضها احتوى على أكثر من طريقة مدمجة مع بعضها البعض ، وكانت معظم الأبحاث منصبة على نظام يعتمد على المستخدم والتعرف على الكلمة المنفصلة (IWR).

والآن تجرى الأبحاث فى جميع معامل أبحاث الذكاء الإصطناعى لإنتاج نظم لاتعتمد على المستخدم ويمكنها التعرف على الكلمات المتصلة. أما ظهور نظم لاتعتمد على

المستخدم وتتعرف على الكلام المستمر (CSR) فإنه غير محتمل الحدوث فى المستقبل القريب.

١٥ - ١ - ٢ تحليل الكلام (Speech Analysis)

بغض النظر عن الشخص المتحدث وعن سياق الكلام ، فبمجرد تحويل الموجات الصوتية إلى نبضات كهربية يجب تحليل هذه النبضات لتحديد الكلمات التى تمثلها.

والأسلوب الشائع والمتبع لتحليل الكلام هو القيام بتقسيم الكلام إلى وحدات. وهذه الوحدات تمثل جزءا من الكلمة بدلا من اخذ الكلمة كوحدة للكلام. ويمكن تقسيم الكلمة إلى ثلاثة وحدات هى : صوتيات المقطع اللفظى من الكلمة (Syllable) ، وصوتيات الحرف (Phonemes) وصوتيات الكلمة (Allophones).

أ - المقطع اللفظى (Syllable)

المقطع اللفظى (Syllable) للكلمة هو نطق جزء من الكلمة يتكون من حرف متحرك محصور بين حروف ساكنة. وهذا الجزء يعتبر وحدة يمكن تمييزها من الكلام. ويمكن فصل هذه الوحدات من الكلام عن طريق تمييز الأماكن التى يتم التوكيد فيها على نبرات معينة فى النبضات الكهربية الممثلة للكلمة.

وتحليل الكلام عن طريق المقطع اللفظى للكلمة يعتبر عملية صعبة للغاية بالنسبة للغة الإنجليزية ، حيث يوجد حوالى عشرة آلاف مقطع لفظى ، على عكس اللغة اليابانية والتى تتكون من خمسمائة مقطع لفظى فقط ، لذلك فإن تكنولوجيا التعرف على صوتيات المقطع اللفظى للكلمة هى الأساس للتعرف على الكلام فى المشروع اليابانى للجيل الخامس للحاسبات.

ب - صوتيات الحرف (Phonemes)

يمكن تقسيم الكلام إلى وحدات تمثل حروف الكلمة فكل حرف داخل الكلمة متحركا كان أو ساكنا يكون له نطق معين يميزه عن باقى حروف الكلمة. ولاحظ أنه يمكن أن يكون لأكثر من حرف نطق واحد مثل (th) فى اللغة الإنجليزية ، ولاحظ أيضا أن نطق نفس الحرف يتغير من كلمة لأخرى ، مثل (th) فى (thought) يختلف نطقها عنها فى (they).

جـ - صـوتيـات الكلمـة (Allophone)

فى الكلام العادى نجد أن نطق الحرف فى الكلمة يتغير حسب وضعه فيها وحسب وضع الكلمة فى الجملة وأحيانا حسب سياق الكلام والمعنى الذى يهدف إليـه. فعلى سبيل المثال الحرف (t) يتغير نطقه فى كل من الكلمات (mountain) و (tale) و (late). وصوتيات الكلمـة (Allophone) هى الصوتيات المختلفة والمميزة فى الكلمة كما أنها تمثل أيضا صوتيات الحروف الحقيقية كما تنطق فى الكلمة.

١٥ - ١ - ٣ فهم الكلام (Speech Understanding)

إن مشكلة التعرف على الكلام لا يكتمل حلها تماما بمجرد تحليل الكلام والتعرف على الكلمات المكونة له. وذلك لأن المحادثات العادية أحيانا تحتوى على جمل غير محددة وغير صريحة يتعرف عليها المستمع عن طريق الخبرة ، كما أوضحنا ذلك من قبل فى معالجة اللغة الحية كما أنه يوجد كلمات كثيرة لها نفس النطق تقريبا. والذى يزيد المشكلة صعوبة أنه فى الحديث العادى والمستمر من الصعب تحديد نهاية الكلمة وبداية الأخرى.

والطريقة الشائعة المستخدمة لفهم الكلام هى جعل النظام يقوم بعمل عدة تفسيرات ومن ثم استخدام التقنيات المختلفة لاختيار أفضل وأنسب هذه التفسيرات. وبعض هذه التقنيات تشبه إلى حد كبير مثيلتها المستخدمة فى معالجة اللغة الحية والتى تبنى على التحليلات اللغوية والدلالية للألفاظ ، مثل هذه التحليلات يمكنها تفضيل تفسير عن تفسير آخر.

١٥ - ١ - ٤ مميزات التعرف على الكلام

إن الهدف الأول لأبحاث الذكاء الإصطناعى الخاصة بمعالجة الكلام - وبخاصة التعرف على الكلام - هو جعل الحاسب يستطيع فهم الحديث الموجه إليه من أى إنسان بطريقة طبيعية كما يفهمه أى إنسان آخر. بالإضافة إلى هذا فإن التعرف على الكلام يوفر مميزات عديدة منها :

١ - سهولة الإتصال بالحاسبات

حيث أن الكثير من مستخدمى الحاسب لايمكنهم استخدام الحاسب بكفاءة عن طريق لوحة المفاتيح.

٢ - السرعة

لقد وجد أن أى إنسان يمكنه أن يتكلم أسرع مرتين من أى شخص يكتب على الآلة الكاتبة بكفاءة عالية. لذلك فإن نظم التعرف على الكلام توفر ميزة السرعة فى إدخال المعلومات للحاسب.

٣ - حرية اليدين

أى لايتطلب الحاسب استخدام اليدين فى التعامل معه ، فمثلا الطيار الحربى لايستطيع التخلى عن عصا القيادة للتعامل مع الحاسب.

٤ - التعامل عن بعد

أى يمكن التعامل مع الحاسب عن بعد حيث يستطيع المستخدم الدخول إلى قاعدة البيانات الخاصة به عن طريق إعطاء الحاسب الأمر الخاص من خلال التليفون.

٥ - الأمن

حيث يمكن عمل بصمات صوتية للأشخاص ، كما يمكن التحكم فى مداخل المبانى عن طريق فتح الأبواب بهذه البصمات.

بالإضافة إلى هذه المميزات فإن التعرف على الكلام يستخدم فى مجالات كثيرة مثل : التعليم - التحكم فى العمليات الصناعية فى المصانع - ميكنة المكاتب - وكذلك فى التسلية مثل الألعاب التى يتم التحكم فيها عن طريق الصوت.

١٥ - ٢ الإنسان الآلى (Robot)

إن تكنولوجيا الإنسان الآلى (Robotics) هى من أكثر تكنولوجيا الذكاء الإصطناعى تقدما من حيث التطبيقات التى تقدم فيها حلولا كاملة للمشاكل. والروبوت (Robot) أو الإنسان الآلى عبارة عن آلة كهروميكانيكية يمكن برمجتها لتؤدى بعض المهام التى يقوم بها الإنسان يدويا.

والصناعة هى أكبر مجال يستخدم فيه الإنسان الآلى اليوم ، فقد استخدم الإنسان الآلى فى العديد من الصناعات مثل اللحام الكهربى الدقيق ، والدهان بالرش ، وقد أثبت فاعلية فى الصناعة الأوتوماتيكية وبخاصة الصناعات الإلكترونية ، فعلى سبيل المثال يستخدم إنسان آلى للحام الدوائر الإلكترونية الدقيقة التى يتم لحام أطرافها فى جزء يقل عن ألف جزء من السنتيمتير الواحد.

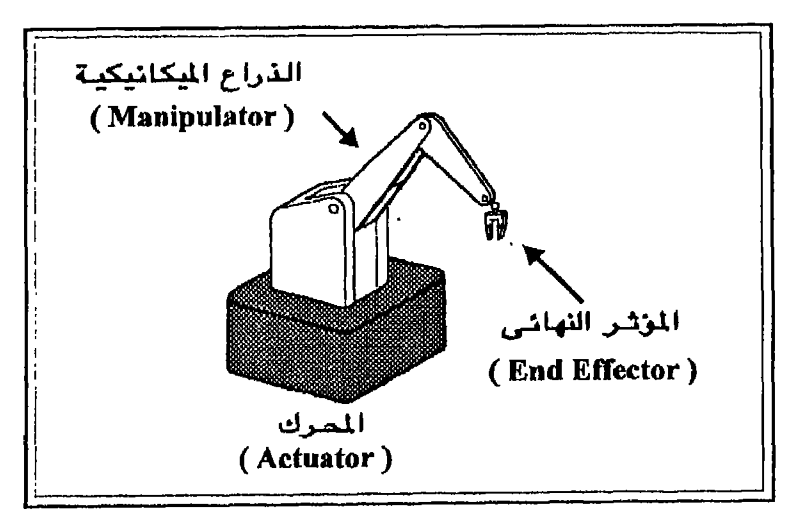
وتعد اليابان الآن من أكبر الدول استخداما للإنسان الآلى فى الصناعة فيوجد بها فقط نصف أعداد الإنسان الآلى العامل فى العالم.

ومن مميزات إستخدام الإنسان الآلى فى الصناعة الآتى :

١- زيادة الإنتاجية.
٢- تقليل النفقات.
٣- التغلب على النقص فى مهارة الأيدى العاملة.
٤- توفير المرونة فى الأعمال الصناعية.
٥- تحسين نوعية المنتج.
٦- لايمل من الأعمال التكرارية مثل الإنسان وكذلك يمكن استخدامه فى الأعمال التى تمثل خطرا على الإنسان.

١٥ - ٢ - ١ أجزاء الإنسان الآلى

يحاكى الإنسان الآلى شيئا واحدا فى الإنسان وهو الذراع، وليس كما تظهره أفلام الخيال العلمى كماكينة متحركة تشبه الإنسان. ويتكون الإنسان الآلى عموما من ثلاثة أجزاء وهى الذراع الميكانيكية (Manipulator)، والمؤثر النهائى " الرسغ " (End Effector)، وأخيرا المحرك (Actuator) الذى يقوم بتشغيل الذراع والرسغ. كما يتضح من الشكل (١٥ - ٢)



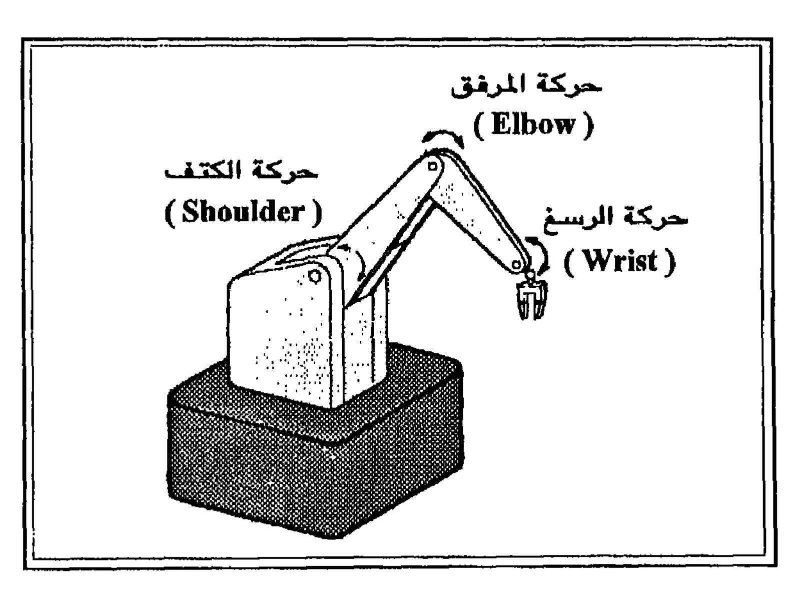
شكل (١٥ - ٢)

والإنسان الآلى الذكى (Intelligent Robot) يحتوى على جزء إضافى وهو جهاز الإدراك (Sensor) يجعله قادرا على إدراك البيئة المحيطة به وتعديل عملياته طبقا للمتغيرات التى تحدث فى البيئة.

أ - الذراع الآلية (Manipulator)

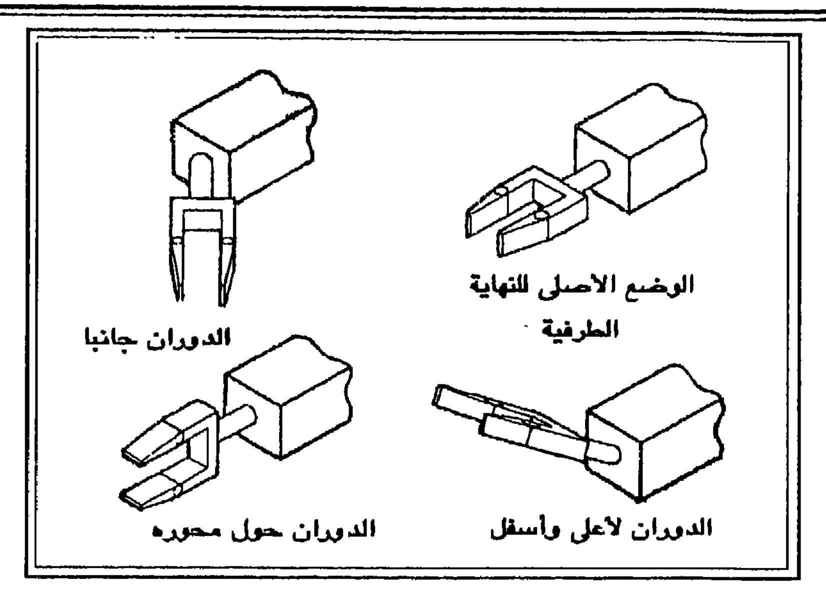
الذراع الآلية فى الإنسان الآلى عبارة عن جزء غير مرن (Inflexible) ومتصل بوصلة متحركة مثل المرفق للإنسان (Elbow) ، وكل وصلة تعطى الإنسان الآلى درجة من درجات الحرية (Degree of Freedom, DOF). وكلما زادت درجات الحرية كلما زادت مرونة الإنسانى الآلى فى التعامل مع الأشياء.

والشكل (١٥ - ٣) يمثل إنسانا آليا له ثلاث درجات من الحرية أى أن ذراعه يوجد بها ثلاثة وصلات متحركة كل وصلة يمكن أن تتحرك فى مستوى واحد فوصلة الكتف (Shoulder) تتحرك فى المستوى الرأسى كماهو موضح ، ووصلة المرفق (Elbow) تتحرك أيضا فى المستوى الرأسى وأيضا وصلة الرسغ (Wrist) تتحرك فى المستوى الرأسى.



شكل (١٥ - ٣)

ويمكن أن يكون للرسغ وحده ثلاثة درجات للحرية كما يتضح من الشكل (١٥ - ٤).



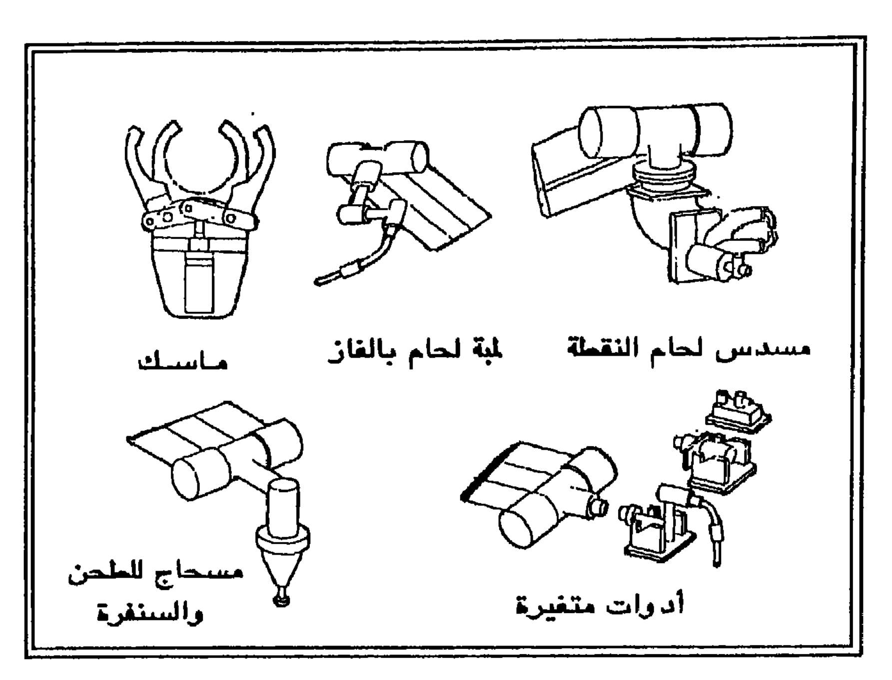
شكل (١٥ - ٤)

ب - النهاية الطرفية (End Effector)

اليد الميكانيكية المتصلة بالذراع للإنسان الآلى والتى تسمى بالنهاية الطرفية (End Effector) أو بالماسك (Gripper) يعتمد شكلها على الوظيفة التى سيؤديها الإنسان الآلى حيث يتم تصميم شكل اليد لتقوم بأداء وظيفة محددة كما يتضح من الشكل (١٥ - ٥) الذى يعرض أشكالا مختلفة لليد الميكانيكية.

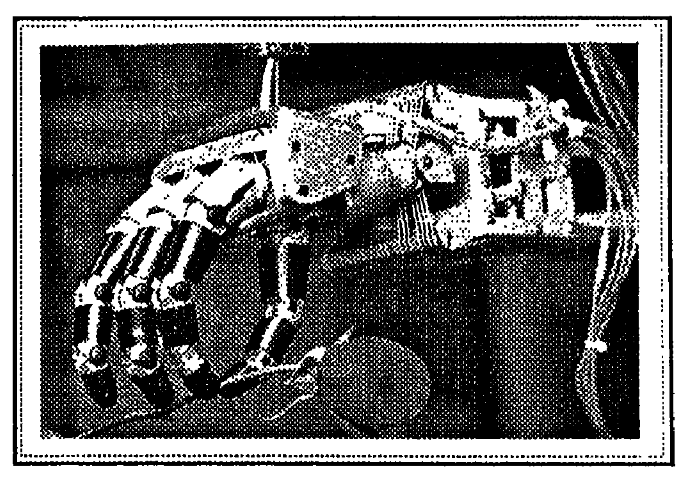
ويمكن تغيير اليد للسماح للإنسان الآلى بالقيام بالأعمال المختلفة بحيث لايقتصر عمله على وظيفة واحدة فقط. وتجرى الأبحاث الآن لصنع نهاية طرفية متعددة الوظائف (Multifunction End Effector) أو متعددة الأغراض يمكنها القيام بأداء مهام مختلفة.

ومثل هذه النهايات يمكن تصميمها بحيث تشبه إلى حد كبير يد الإنسان ، أى تحتوى على أصابع (Fingers) متصلة بمفاصل (Knuckles).



شكل (١٥ - ٥)

مثل هذه النهايات الطرفية مازالت فى مرحلة البحث ، ويوجد الآن ببعض معامل أبحاث الذكاء الإصطناعى فى أمريكا تجربة لنهاية طرفية تتكون من أربعة أصابع كالموضحة فى الشكل (١٥ - ٦)



شكل (١٥ - ٦)

جـ - المحـرك (Actuator)

المحـرك (Actuator) هـو الجهـاز الـذى يتحكـم فـى الإنسـان الآلـى ويعطيـه الكفـاءة والفاعلية فى العمل. وتنقسم جميع المحركات إلى ثلاثة أنواع :

١ - المحركـات الهوائيـة (Pneumatic Actuators) ، وتعمـل بضغـط الهـواء وهـى منخفضة التكلفة ونظيفة ولكـن لايمكنهـا التحكـم فـى حركـة الإنسان الآلـى بدقـة عالية.

٢ - المحركات الهيدروليكية (Hydraulic Actuators) ، وهى توفر قوة هائلة للإنسـان الآلى ، ولكنها غير مرتبة أو نظيفة ، وأيضا شأنها شأن المحركات الهوائيـة لايمكنهـا التحكم فى الحركة بدقة عالية.

٣ - المحركـات الإليكترونيـة (Electronic Actuators) ، وهـى محركـات معقولـة بالنسبة لقلة تكلفتها ونظافتها ودقتها ، ولكنها لاتوفر القوة التى توفرها المحركـات الهيدروليكية أو الهوائية.

وهكذا يلاحظ أن كل نوع من أنواع المحركات له مميزاته وعيوبـه ، ولذلـك فـإن نـوع المحرك يتم اختياره على ضوء التطبيقات التى سيقوم بهـا الإنسـان الآلـى وكذلـك الوسـط المحيط الذى سيعمل به.

١٥ - ٣ - ٣   التحكم فى الإنسان الآلى

هنـاك طـرق عديـدة للتحكـم فـى حركـة الإنسـان الآلـى ، وطبقـا لتقنيـة التحكم المستخدمة يمكن تصنيف الإنسان الآلى إلى نوعين ، إما إنسان آلى غـير مـوازر (Non-Servo Robot) وإما إنسان آلى مؤازر (Servo Robot).

أ - الإنسان الآلى الغير مؤازر (Non-Servo Robot)

يتم تصنيف الإنسان الآلـى بإنسـان آلـى غـير مـؤازر إذا كـان التحكـم فـى حركتـه يتـم بوسائل ميكانيكية وغـير مرنـة (Inflexible) ، أى يتقيـد بمسـار ثـابت. أى أنـه لايحتـوى على تقنيات مؤازرة الحركة والتى تهدف إلى تصحيح أدائه.

والنوع الشائع من هذا الصنف هو الإنسان الآلى الذى يسـتخدم تقنيـة تسـمى بـالتكرار المفتوح (Open Loop Technique) للتحرك من مكان لآخر. وهو يبدأ حركته فى إتجـاه

تم تحديده مسبقا إلى أن يعترضه شيء يعمل على إيقافه. ويستخدم هذا النوع فى نقل الأشياء بين أماكن ثابتة.

ب - الإنسان الآلى المؤازر (Servo Robot)

أما النوع الآخر من الإنسان الآلى فهو ذلك الذى يستخدم تقنية مؤازرة الحركة (Servo Mechanism). وجهاز مؤازرة الحركة يمكن برمجته بحيث يتحكم فى المسار الذى يسلكه الذراع الآلى. وهناك تقنيتان للبرمجة وهما التحكم بتكرار الحركة (Playback Control) والتحكم باستخدام الحاسب الآلى (Computer Control).

وتقنية التحكم بتكرار الحركة هى عبارة عن تدريب الإنسان الآلى على أن يؤدى فعلا معينا ومن ثم يطلب منه تكرار هذا الفعل. وهناك طريقتان أساسيتان لتطبيق هذه التقنية وهما :

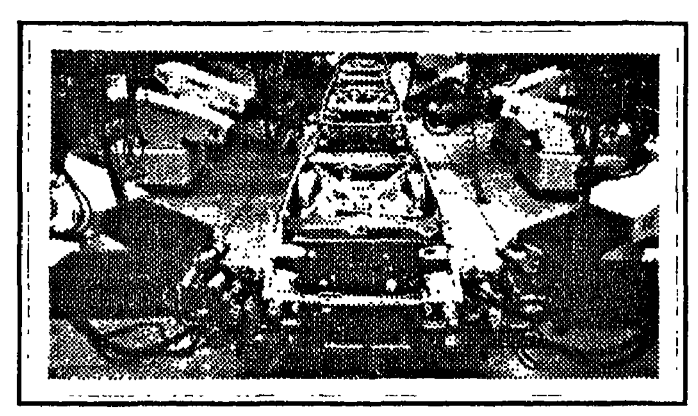
١ - التحكم من نقطة إلى نقطة أخرى (Point-to-Point Control) وفيه يتم برمجة الذراع الآلى بعدة نقط (أى أماكن) تمثل المسار التى سيتحرك فيه ، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق تحريك الذراع الآلى إلى هذه الأماكن ومن ثم يقوم بحساب المسارات التى تربط هذه الأماكن ويتحرك فيها.

٢ - التحكم بالمسار المستمر (Continuous Path Control) وفيه يتم تحريك الإنسان الآلى فى المسار الذى سيتبعه وبذلك يمكنه تسجيل هذا المسار ومن ثم يمكنه تكرار الحركة فى نفس المسار.

وهذا النوع من التحكم يفيد فى الحالات التى تتطلب الحركة المستمرة والمنتظمة مثل أعمال الدهان وماشابه ذلك.

أما بالنسبة للتحكم عن طريق الحاسب الآلى فقد تم تطوير لغات خاصة لهذا الغرض مثل لغة (Wave) سنة ١٩٧١ ، ولغة (AL) سنة ١٩٧٢ ، ولغة (VAL) سنة ١٩٧٩ وهى إصدار تجارى من لغة (Wave) ، ويوجد العديد من لغات برمجة الإنسان الآلى بالحاسب وهو الإتجاه الشائع الآن على الرغم من إمكانية برمجة هذا النوع بواسطة طريقة التحكم بالمسار المستمر.

والشكل (١٥ - ٧) يوضح استخدام الإنسان الآلى فى خطوط إنتاج السيارات حيث يقوم بعمليات اللحام.



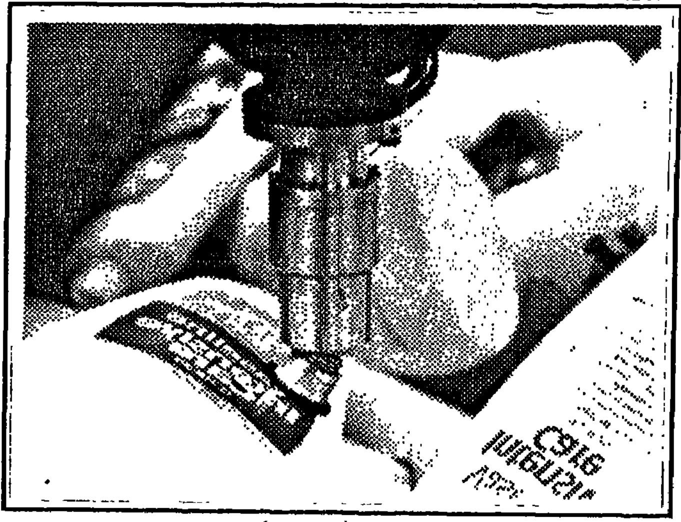
شكل (١٥ - ٧)

١٥ - ٢ - ٣ الإنسان الآلى الذكى (Intelligent Robot)

الفرق بين الإنسان الآلى الذكى والإنسان الآلى الغير ذكى هو أن الأول يستطيع عن طريق تقنيات الذكاء الإصطناعى المستخدمة فى برمجته فهم الوسط المحيط به ومن ثم يمكنه تعديل أفعاله (ذاتيا) حسب المواقف التى يتعرض لها ، فى حين أن الآخر يقوم بتنفيذ أفعال تم برمجته بها مسبقا ولا يستطيع تغيير هذه الأفعال إذا طرأ أى تغير فى الوسط المحيط به.

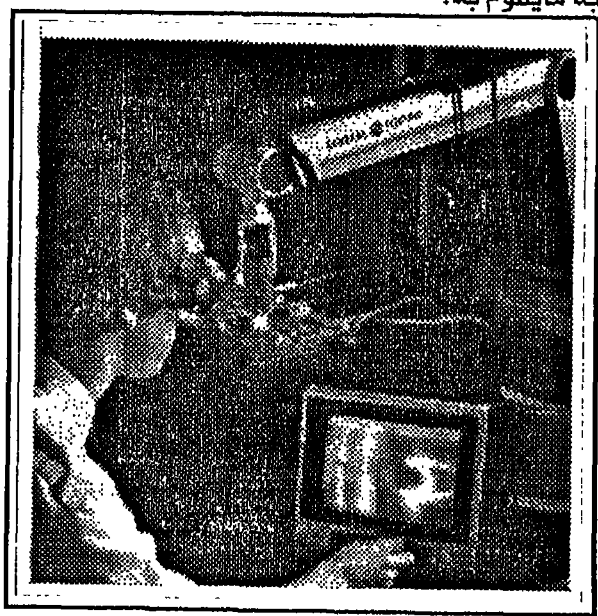
والإنسان الآلى الذكى يسمى أيضا بالإنسان الآلى المدرك (Sensor-Controlled Robot) ، وذلك لأنه يكون مجهزا بأجهزة إدراك للوسط المحيط به ، مثل الكاميرا أو المجسات. ولهذا فإن الإنسان الآلى الذكى هو الذى لايقوم فقط بأداء الأعمال المطلوبة منه ولكنه يقوم أيضا بمراقبة أداء تلك الأعمال.

وهناك نوعان من أجهزة الإدراك التى يمكن أن يزود بها الإنسان الآلى النوع الأول يؤدى إلى الإدراك بالإتصال (Contact Sensing) حيث يتم توصيل الإنسان الآلى بمجسات يمكنه عن طريقها التعرف على الأشياء التى سيتعامل معها. والشكل (١٥ - ٨) يوضح إنسان آلى مزود بمجس يجعله قادرا على التعرف على الأجسام ومن ثم التعامل معها.



شكل (١٥ - ٨)

أما النوع الثانى فيؤدى إلى الإدراك عن بعد(Non-Contact Sensing) للأشياء التى لايتصل الإنسان الآلى بها مباشرة. ومن هذه الأجهزة نجد الكاميرا التليفزيونية والتى يستخدم فيها تقنية الرؤية بالحاسب(Computer Vision) وهى من التقنيات الهامة التى تعرضنا لها بالشرح والتحليل فى الفصل السابق . والشكل (١٥ - ٩) يوضح إنسانا آليا مبصرا - إن جاز التعبير . وكما يتضح من الشكل يتم عرض مايراه الإنسان الآلى على شاشة تليفزيونية لتصحيح الأداء ومراقبة مايقوم به.

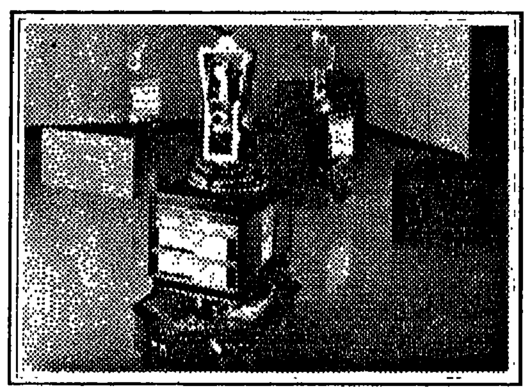


شكل (١٥ - ٩)

١٥ - ٢ - ٤ الإنسان الآلي المتحرك (Mobile Robot)

هناك أنواع من الإنسان الآلي تم تطويرها بحيث تحاكي إلى حد كبير حركة الإنسان ، فهناك إنسان آلي يتحرك على عجل (Wheels) وآخر يزحف عن طريق دفع نفسه بواسطة ذراعيه ، وهناك آخر يقفز على قدم واحدة ، وأخيرا من يمشى على أربعة أرجل.

وتستخدم مثل هذه الأنواع في مجالات متعددة مثل الإستكشافات في المحيطات والقطب الشمالي أو الجنوبي ، وتنظيف المكاتب والمصانع ، وحصد المحاصيل ، وفي الأمن الصناعي. والشكل (١٥ - ١٠) يوضح إنسانا آليا متحركا على عجل ويستخدم تقنية الإدراك عن بعد أى متصل بكاميرا تليفزيونية.

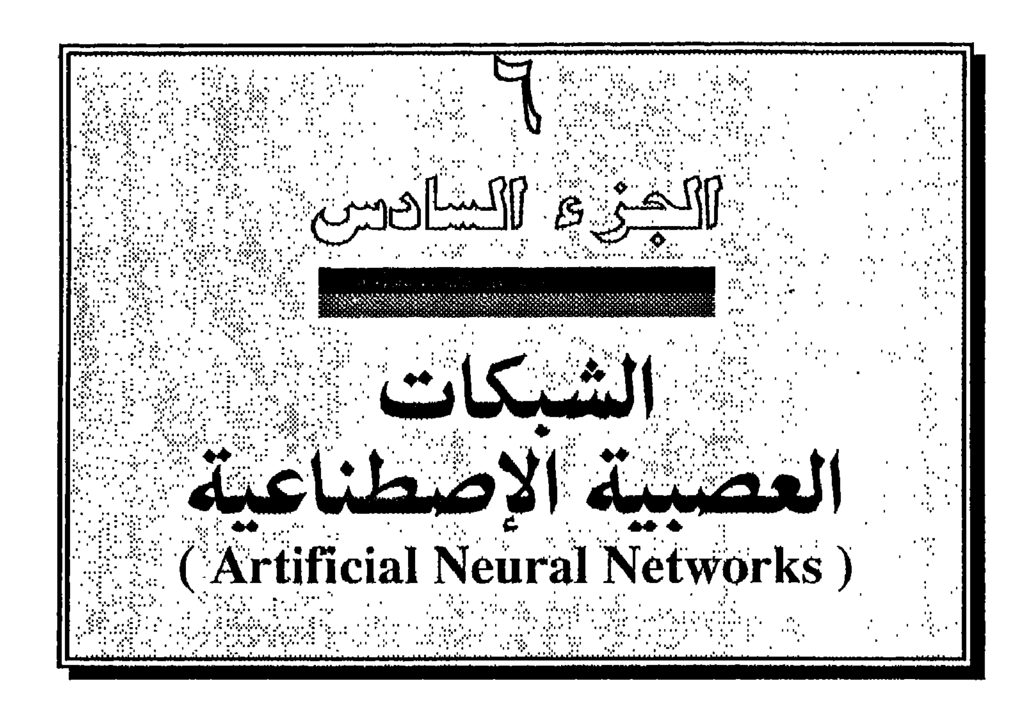


شكل (١٥ - ١٠)

مماسبق يتضح لنا أن مجال الذكاء الإصطناعي يساهم في زيادة قدرات الإنسان في التعامل مع الأشياء. والتطور في تكنولوجيا الحاسبات سوف يؤدي إلى تقدم كبير في مجال الذكاء الإصطناعي حيث سيسمح بتنفيذ برامجه الأكثر تعقيدا. ومن الأبحاث التي تسعى إلى تطوير تكنولوجيا الحاسبات نجد التطوير الكبير في مايسمى بالدوائر الإلكترونية الضخمة (Large Scale Electronic Circuit) وهي عبارة عن لوحات تحتوى على مئات الآلاف من الدوائر الإليكترونية ، وكذلك تطوير معالجات الحاسب والإتجاه إلى المعالجات المتوازية (Parallel Processors).

ومن المشروعات التي تتبنى هذه الأبحاث نجد المشروع الياباني لإنتاج حاسبات الجيل الخامس والتي تستخدم تقنيات الذكاء الإصطناعي في تخزين واسترجاع المعلومات وكذلك تهدف إلى إنتاج أدوات البرمجة الذكية

(Intelligent Programming Tools) ، أى أن هذه الأبحاث سـوف تسـتخدم تقنيـات الذكاء الإصطناعى كى تجعل الحاسب أكثر قدرة على تحقيق متطلبـات المسـتخدم بالإضافـة إلـى سهولة الإستخدام.


٦
الجزء السادس
الشبكات
العصبية الإصطناعية
(Artificial Neural Networks)



مقدمة

أوضحنا فى الأجزاء السابقة أهمية مجال الذكاء الإصطناعى ومكانته فى عصر المعلومات وكذلك تطبيقاته المختلفة التى تغطى معظم مجالات الحياة بما فيها النظم الخبيرة. وفى هذا الجزء نوضح تقنية جديدة لاتقل أهمية عن تقنية الذكاء الإصطناعى وهى تقنية الشبكات العصبية الإصطناعية.

وقد شهد مجال الذكاء الإصطناعى على مدى الأربعة أجيال السابقة طفرة هائلة فى مجال البرمجيات المستخدمة فى محاكاة طرق الإستنتاج المنطقى عند الإنسان (Human Reasoning). ومع ذلك ماتزال طرق الذكاء الإصطناعى محصورة فى عمليات المعالجة المتتابعة (Sequential Processing) وبعض محاولات لتمثيل المعرفة والمنطق.

وبعض هذه النظم يعتمد على بناء حاسبات ذات إمكانيات معمارية ومعالجية تحاكى بعض إمكانيات المعالجة التى يقوم بها العقل البشرى. وصاحب إستخدام هذه الحاسبات إستحداث أسلوب المعالجة المتوازية (Parallel Processing) والتى تتيح قدرة كبيرة وسرعة على استرجاع كميات كبيرة من المعلومات وكذلك تتيح قدرة على التعرف على الأشكال. ويطلق على التقنيات التى تستخدم أسلوب المعالجة المتوازية الحساب العصبى (Neural Computing) أو الشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks) واختصارها (ANNs).

والشبكات العصبية الإصطناعية هى عبارة عن تقنية معالجة المعلومات المنبثقة من دراسة المخ (Brain) والنظام العصبى (Nervous System) وشهدت هذه التقنية دراسات عديدة حتى سنة ١٩٧٠ حيث توقفت معظم هذه الدراسات. وفى سنة ١٩٨٠ وبعد الطفرة الهائلة فى تقنيات الحاسب والتقدم فى علم دراسة الأعصاب لفهم آليات العقل فى عمليات الإستنتاج المنطقى والمعالجة بدأت الأبحاث مرة أخرى فى مجال معالجة المعلومات بأسلوب محاكاة العقل البشرى.

والحساب العصبى بدأ موجها ناحية الأبحاث الطبية ثم بدأت الشبكات العصبية الإصطناعية (ANNs) تحل محل النظم الخبيرة (ES) نظرا لما توفره من إمكانيات وماتقدمه من قدرات فى مجال السلوك الذكى مقارنة بإمكانيات وقدرات النظام المرمز المنطقى فى مجال الذكاء الإصطناعى.

ويتكون هذا الجزء من خمسة فصول حيث يلقى الفصل الأول نظرة عامة على الشبكات العصبية ويوضح الفرق بين الشبكات العصبية الطبيعية والشبكات العصبية الإصطناعية. ثم يوضح مكونات الشبكات العصبية الإصطناعية ومعالجة المعلومات من خلالها وكذلك المكونات المادية والبرمجية لهذه الشبكات. كما يوضح فوائد الشبكات العصبية الإصطناعية وتطبيقاتها مع النظم الخبيرة وكذلك مع اللغات الحية ورؤية الحاسب والإنسان الآلى والتعرف على خط اليد ونظم مساندة اتخاذ القرار. وينتقل الفصل الثانى إلى معمارية الشبكة العصبية الإصطناعية حيث يوضح الخصائص العامة لتراكيب هذه الشبكات والنظم المختلفة لتعليمها. كمايوضح الفصل الثالث عملية تطوير الشبكات وبعض نماذج هذه الشبكات مثل شبكة هوبفيلد وشبكة بولتزمان كما يوضح كيفية بناء شبكة عصبية إصطناعية بالتفصيل. ويوضح الفصل الرابع بعض التطبيقات العملية للشبكات العصبية الإصطناعية فى المجالات الإقتصادية والمالية وتطبيقات تحليل الصور والتشخيص والتحكم الآلى ومعالجة اللغات الطبيعية ... الخ. وينتقل الفصل الخامس إلى توضيح الإتجاهات المستقبلية فى مجال الشبكات العصبية الإصطناعية حيث يوضح الآفاق والحدود فى هذا المجال كما يقدم رؤية شاملة لما سوف تكون عليه الحوسبة فى المستقبل.

الفصل السادس عشر

نظرة عامة
على الشبكات العصبية



١٦ - ١ الشبكات العصبية الطبيعية
(Biological Neural Networks)

يتكون مخ الانسان من مجموعة من الخلايا العصبية (Neurons). وهذه الخلايا لاتموت فى حين تتكاثر باقى الخلايا لتحل محل نفسها ثم تموت. ولكون الخلايا العصبية لاتموت يمكن للإنسان الاحتفاظ بمعلوماته. وهذه الخلايا يزيد عددها عن ١٠٠ بليون خلية وأنواعها عديدة ومختلفة وتقدر بمئات الأنواع. وتنتشر هذه الخلايا فى مجموعات تسمى شبكات (Networks). وكل مجموعة تحتوى على عدة آلاف من الخلايا العصبية شديدة التداخل (Interconnected) ولذلك ينظر لها على أنها تجمع من الشبكات العصبية.

ويتحكم المخ والجهاز العصبى المركزى فى عمليات التفكير (Thinking) والسلوك المتسم بالذكاء. ولأن القدرة على التعلم والتفاعل مع البيئة المحيطة تتطلب قدرا من الذكاء لذلك نجد أن الأفراد المصابين بتلف فى المخ (Brain Damage) يعانون من صعوبات فى التعلم ويجدون مشقة فى التأقلم مع البيئة المحيطة. والشكل (١٦-١) يوضح جزءا من شبكة عصبية تتكون من خليتين. وكل خلية بها نواة عصبية (Nucleus) فى المنتصف ولها بعض النهايات العصبية (Dendrites) وهى المسئولة عن المدخلات (Inputs) للخلية. كذلك يوجد بالخلية موصل طرفى (Axon) مسئول عن المخرجات (Outputs) من الخلية الأولى إلى الخلية الثانية.

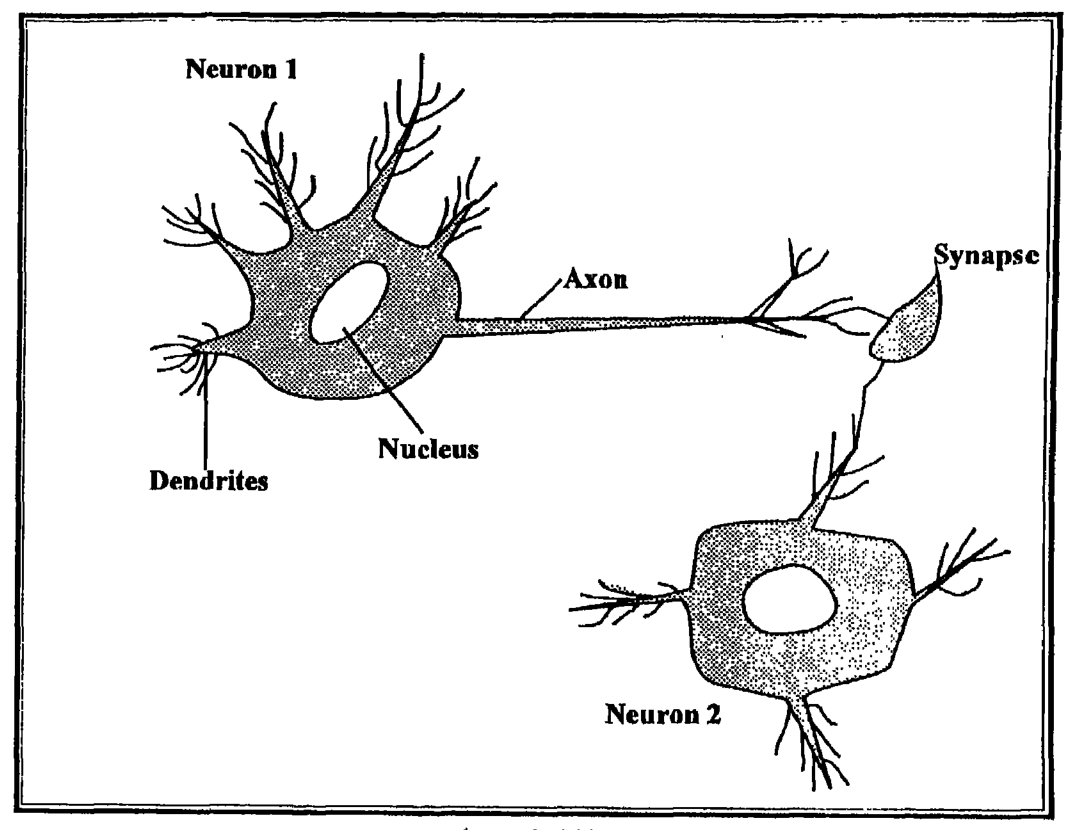
وهذه النهايات الطرفية (Axons) مندمج معها النهايات العصبية للخلية الثانية فيما يعرف بنقطة المرور (Synapse). ويمكن للإشارات العصبية أن تنتقل بدون تغيير فوق نقطة المرور ويمكن زيادة هذه الإشارات أو إنقاصها عن طريق المرور من خلال هذه النقطة.

١٦ - ٢ الشبكات العصبية الاصطناعية
(Artificial Neural Networks)

الشبكة العصبية الإصطناعية هى نموذج يحاكى الشبكة العصبية الطبيعية. ويستخدم عددا محددا من الطرق الأساسية المستخدمة فى النظم العصبية الطبيعية بمساعدة برمجيات المحاكاة (Software Simulations) وأسلوب المعالجة المتوازية.

وتشمل طرق المعالجة المتوازية عناصر معالجة (Processing Elements) تسمى خلايا عصبية اصطناعية (Artificial Neurons) متصلة فى شبكة معمارية. وهذه الخلايا

الإصطناعية تناظر الخلايا العصبية الطبيعية حيث تستقبل المدخلات التى تناظر النبضات الكهروكيميائية (Electrochemical Impulses) التى تستقبلها النهايات العصبية فى الخلية الطبيعية من خلايا أخرى. والمخرجات من الخلية الإصطناعية تناظر الإشارات الخارجة من الخلية الطبيعية عن طريق الموصل الطرفى (Axon) وهذه المخرجات تكون عبارة عن اشارات صناعية يمكن تغييرها بطريقة تشابه تلك التى تحدث فى نقطة المرور (Synapses).

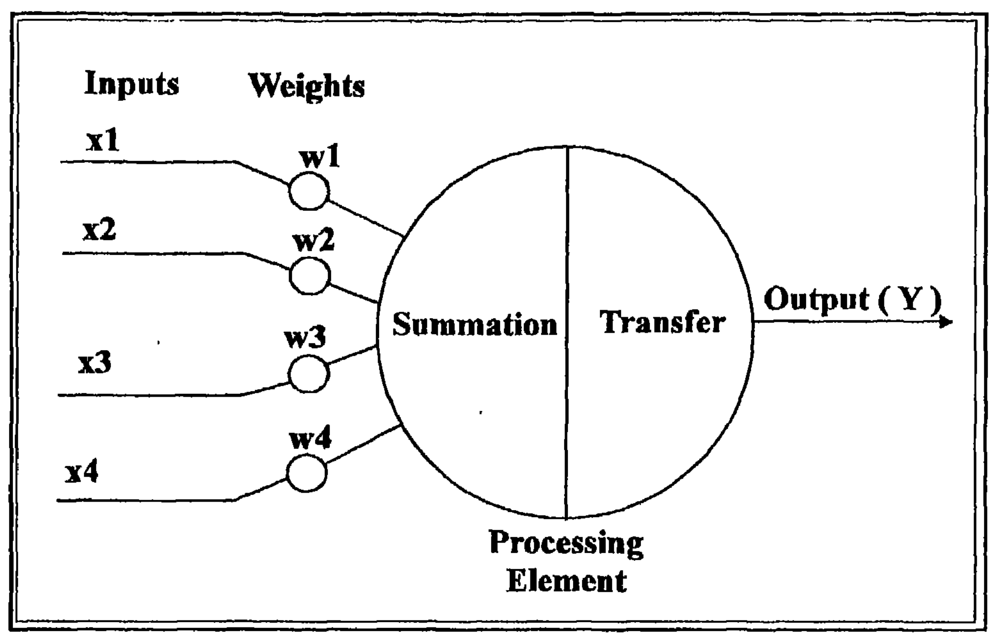


شكل (١٦ - ١)

وماوصلت إليه الدراسات فى الحساب العصبى يعتمد على الفهم الحالى للشبكات العصبية الطبيعية. ونتيجة القصور فى الفهم الكامل لطبيعة عمل المخ والعقل فإن الحساب العصبى مايزال غير قادر على المحاكاة الكاملة للنظم الطبيعية. وقد ساهمت الشبكات العصبية الإصطناعية كثيرا فى الوصول إلى قدر معقول من المحاكاة نتيجة إستخدامها لبعض خواص النظم الطبيعية ولكن مازال هناك الكثير من البحث والدراسة للوصول إلى آلة إصطناعية تشبه فى عملها العقل البشرى.

١٦ - ٣ مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية

تتكون الشبكة العصبية من مجموعة من عناصر المعالجة (Processing Elements) تركب بطرق مختلفة. وكل عنصر معالجة يستقبل أى عدد من المدخلات ويعطى إشارة خارجة واحدة ، أنظر شكل (١٦ - ٢).

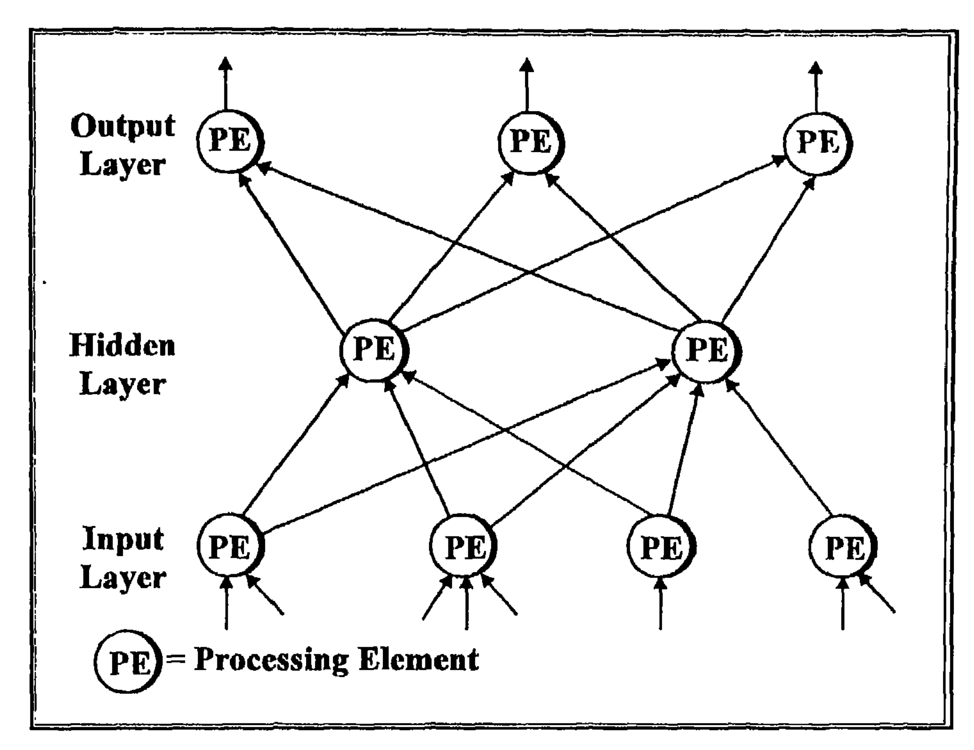


شكل (١٦ - ٢)

والمدخلات يمكن أن تكون على صورة بيانات خام (Raw Data) أو تكون هى المخرجات من عناصر معالجة أخرى. والإشارة الخارجة يمكن أن تكون النتيجة النهائية للمشكلة المطلوب حلها باستخدام الشبكة أو تكون مدخلا لعنصر معالجة آخر. ويتم تجميع عناصر المعالجة فى مجموعات موزعة فى طبقات (Layers) لتكوين الشبكة. انظر شكل (١٦ - ٣) والذى يوضح التراكيب الأساسية لشبكة عصبية إصطناعية ولاحظ وجود ثلاثة طبقات : طبقة المدخلات (Input Layer) والطبقة الخفية (Hidden Layer) فى المنتصف وطبقة المخرجات (Output Layer).

ويمكن تنظيم الشبكة العصبية الإصطناعية على هيئات مختلفة أو طوبولوجيات (Topologies) بمعنى إتصال الخلايا العصبية الإصطناعية بطرق مختلفة مما يعطى أشكالا عديدة للشبكة. وفى معالجة المعلومات تقوم كل عناصر المعالجة بالعمليات الحسابية

المسندة إليها فى نفس الوقت بطريقة المعالجة المتوازية لمحاكاة طريقة عمل العقل البشرى.



شكل (١٦ - ٣)

١٦ - ٤ معالجة المعلومات فى الشبكات الإصطناعية

بمجرد الإنتهاء من تنفيذ الشبكة العصبية تبدأ عملية معالجة المعلومات التى تشمل الآتى : إرجع إلى الشكل (١٦ - ٢) .

❑ المدخلات (Inputs)

كل مدخل يمثل صفة مميزة واحدة (Attribute) فمثلا إذا كانت المشكلة هى إقرار الحصول على قرض (Loan) أو عدم إقراره فإن الصفات المميزة يمكن أن تكون مستوى دخل الفرد أو عمره أو أملاكه من عقارات وأطيان وماشابه ذلك وقيم الصفات المميزة (Values) هى المدخلات للشبكة.

❑ المخرجات (Outputs)

تمثل المخرجات حل المشكلة فمثلا فى المثال السابق يمكن أن تكون المخرجات هى نعم للحصول على قرض أو لا لعدم الحصول عليه. وتعطى الشبكة قيما عددية للمخرجات مثل (+1) فى حالة نعم و (0) فى حالة لا.

❑ الأوزان (Weights)

يعتبر الوزن (Weight) هو العنصر الرئيسى (Key Element) فى الشبكات العصبية الإصطناعية (ANN) . ويعبر الوزن عن القوة النسبية(Relative Strength) أو القيمة الحسابية للبيانات المبدئية المدخلة أو الروابط المختلفة التى تنقل البيانات من طبقة إلى طبقة. وبمعنى آخر يعبر الوزن عن الأهمية النسبية (Relative Importance) لكل مدخل إلى عنصر المعالجة.

❑ دالة الجمع (Summation Function)

تقوم هذه الدالة بحساب الوزن المتوسط لكل المدخلات إلى عنصر المعالجة وذلك بضرب كل قيمة مدخلة (X_i) فى وزنها (W_i) فيتم إيجاد المجموع (Y) كالآتى :

$$Y = \Sigma^{n}_{i} X_i W_i$$

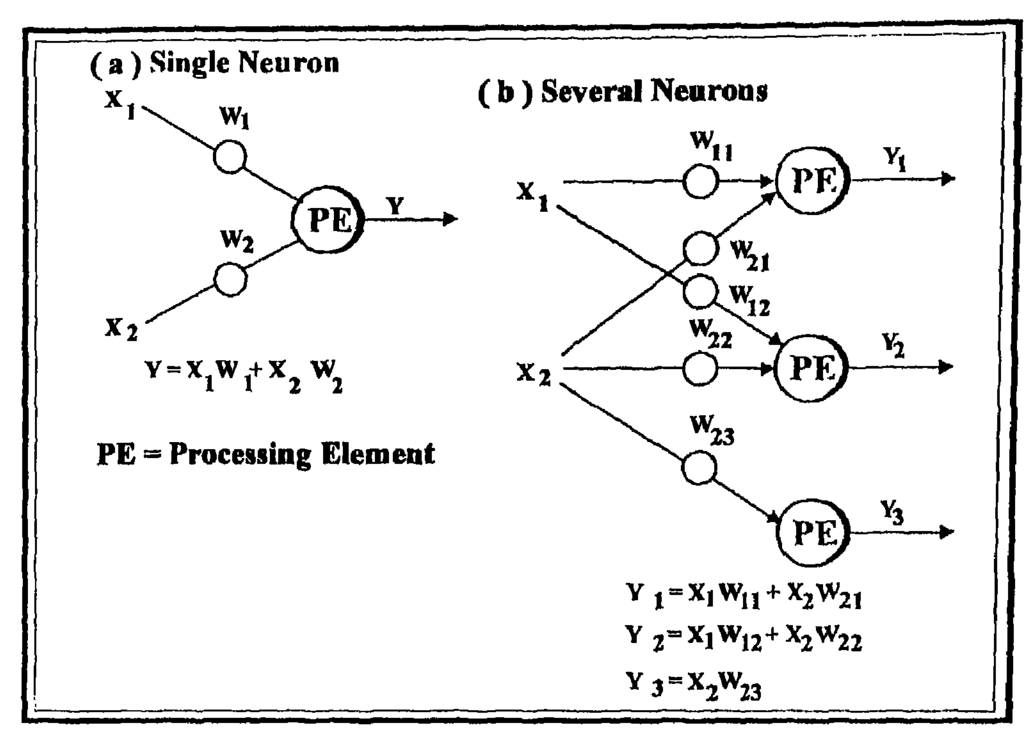
ولأكثر من خلية عصبية (j).

$$Y_j = \Sigma_i X_i W_{ij}$$

ويوضح الشكل (١٦ - ٤) تمثيلا لدالة الجمع لخلية واحدة وعدة خلايا.

❑ دالة الإنتقال (Transfer Function)

كل خلية عصبية لها مستوى إستثارة (Activation Level) وتقوم دالة الجمع بحساب هذا المستوى فيما يعرف بالمحاكاة الداخلية (Internal Simulation). وبناء على هذا المستوى يكون هناك قيمة خارجة من الخلية أو لايكون. والعلاقة بين مستوى التفاعل الداخلى والقيمة الخارجة يمكن أن تكون خطية (Linear) أو غير خطية (Non Linear) وهذه العلاقة تمثل باستخدام دالة إنتقال.



شكل (١٦ - ٤)

ودوال الإنتقال أنواعها عديدة واختيار أحد هذه الأنواع يتحكم في عمل الشبكة. ومن الدوال غير الخطية الشائعة الإستخدام دالة الإستثارة المنطقية (Logical Activation Function) وصورتها كالآتي :

$$Y_t = \frac{1}{1 + e^{-Y}}$$

حيث يرمز للقيمة المحولة (Transformed) للمجموع بالرمز (Yt). أنظر شكل (١٦ - ٥).

وتسمى أيضا القيمة (Y_t) بالقيمة المعدلة (Normalized). وتهدف عملية التحويل إلى تحسين مستويات المخرجات إلى قيمة معقولة بين (1) و (0) لأن قيم المخرجات يمكن أن تكون كبيرة جدا وذلك عند وجود أكثر من طبقة. وعملية التعديل يمكن أن تتم على القيمة الخارجة من كل عنصر معالجة أو تتم على القيمة النهائية الناتجة من الشبكة.

Example of ANN Functions

$x_1 = 3$, $w_1 = 0.2$

$x_2 = 1$, $w_2 = 0.4$

$x_3 = 2$, $w_3 = 0.1$

Processing Element → $Y = 1.2$

Summation Function :

$$Y = 3(0.2) + 1(0.4) + 2(0.1) = 1.2$$

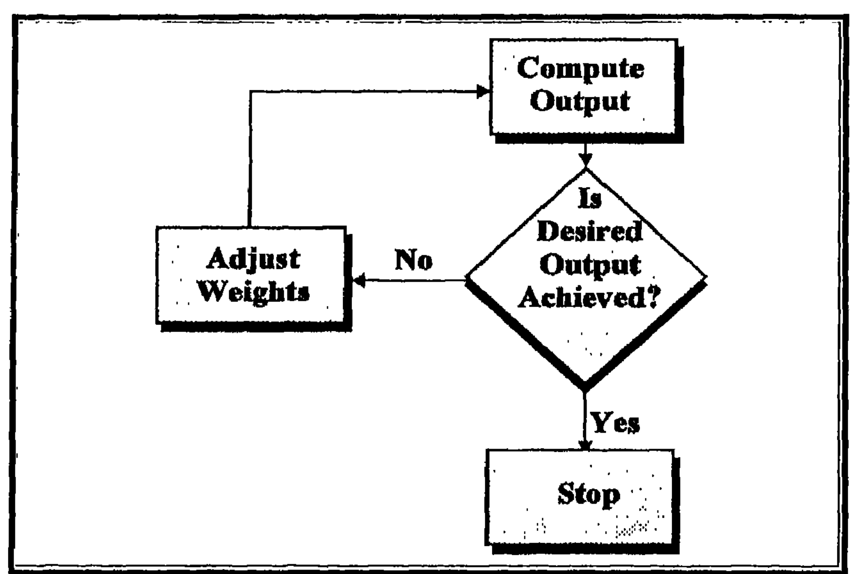
Transformation (Transfer) Function :

$$Y_T = \frac{1}{1 + e^{-1.2}} = 0.77$$

شكل (١٦ - ٥)

❑ التعلم (Learning)

تتعلم الشبكة العصبية الإصطناعية من أخطائها. وتشمل عملية التعلم ثلاثة مهام : حساب المخرجات وحساب المخرجات مع إجابات محددة وتعديل الأوزان واعادة المعالجة. وتبدأ المعالجة بوضع قيم عشوائية للأوزان حسب قيمة الإنحراف وهو الفرق بين المخرجات الحقيقية (Y) والمخرجات المطلوبة (Z). وبتعديل قيم الأوزان تصل قيمة الإنحراف إلى الصفر وعندها تكون المخرجات الحقيقية هى نفسها المخرجات المطلوبة. أنظر شكل (١٦ - ٦).



شكل (١٦ - ٦)

وتشمل معالجة المعلومات باستخدام الشبكات العصبية الإصطناعية تحليل الأشكال (Analyzing Patterns) للتعرف عليها (Pattern Recognition) عن طريق إستخدام معلومات مكتسبة ومخزنة على صورة تدفق (Stream) من المدخلات للخلية العصبية بدون معرفة محددة بالقواعد وباستخدام قيم عشوائية للأوزان.

وأثناء مرحلة التعلم تتغير الأوزان المتداخلة حسب بيانات التدريب المقدمة للنظام. وتختلف الشبكات العصبية الإصطناعية فى طرق حساب الخطأ (Error) وذلك بناء على خوارزم التعلم (Learning Algorithm) المستخدم وهناك العديد من هذه الخوارزميات التى تناسب الظروف المختلفة.

الفصل السابع عشر

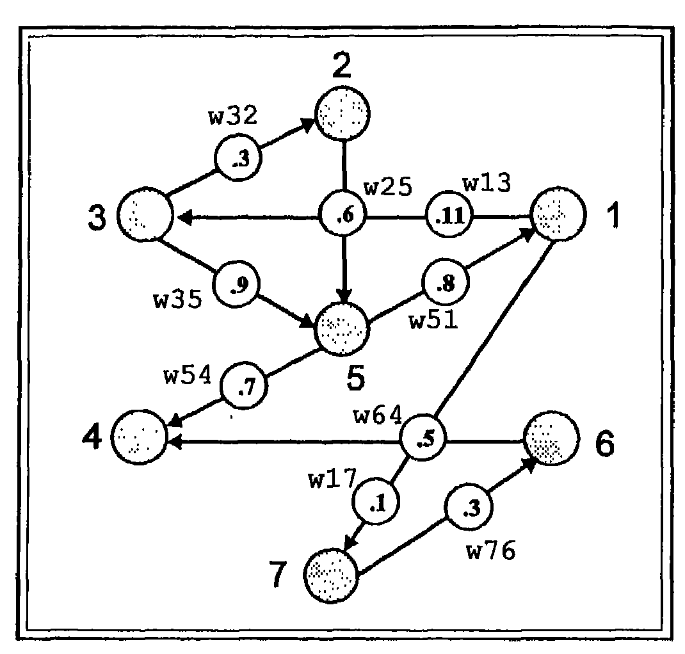
معمارية
الشبكة العصبية الإصطناعية

(Architecture Of Artificial Neural Network)



١٧ - ١ الشبكات العصبية الإصطناعية

الشبكة العصبية الإصطناعية كما أوضحنا سابقا هى نظام ترابطى يتكون من عناصر المعالجة العصبية الأولية ، والتى تمثل الخلايا العصبية الإصطناعية. وهذه العناصر تترابط مع بعضها البعض لتأخذ شكلا معماريا محددا. ويعبر عن شدة الترابط بين عنصرى معالجة 1 و 2 بدلالة كمية قياسية تعرف بشدة الترابط أو الوزن (Weight) ويرمز لها بالرمز (W12). كما يتميز كل عنصر بكمية قياسية أخرى هى طاقة النشاط أو طاقة الإستثارة (Activation Energy) وهى أدنى قدر من الطاقة يلزم لتنشيط العنصر. والشكل (١٧-١) يوضح مخططا لشبكة عصبية إصطناعية نمطية. ويتم تمثيل المعلومات واختزانها فى الشبكة العصبية الإصطناعية بدلالة أوزان الترابط بين عناصرها وبمقدار طاقات إستثارتها.



شكل (١٧-١)

والشبكات العصبية الإصطناعية هى نظم متكيفة (Adaptive) تكيف من أوزان ترابطها طبقا لطبيعة مابداخلها من معلومات كذلك فهى قادرة على التعامل مع عدم الثقة (Uncertainty) والنقص والتشويش (Noise) والغموض الذى عادة مايكون مصاحبا للمعرفة البشرية.

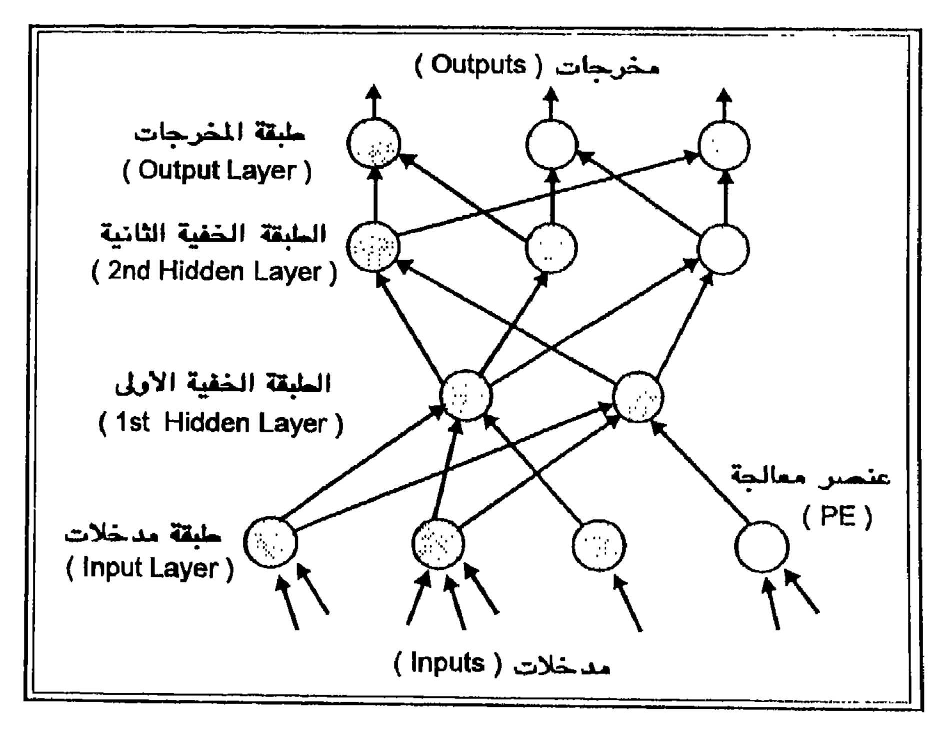
١٧ - ٢ الخصائص العامة للشبكات العصبية الإصطناعية

يمكن تصنيف الشبكات العصبية الإصطناعية طبقا للخصائص الآتية :

- تضاريس أو طوبولوجية الشبكة.
- طبيعة عملية تذكر المعلومات.
- طبيعة المدخلات.
- طبيعة انتشار الاستثارة من تلك الوحدات والروابط.

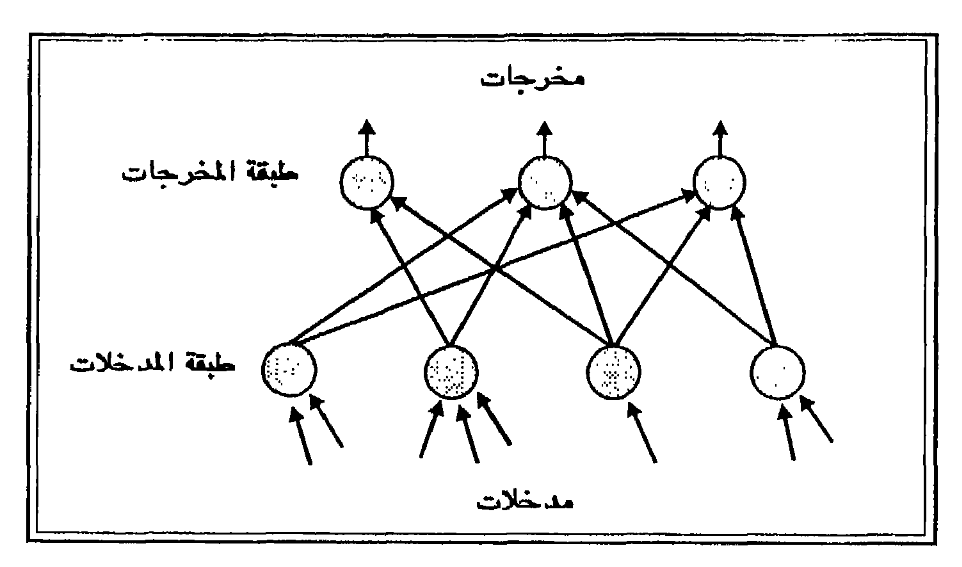
١٧ - ٢ - ١ طوبولوجية الشبكة (Network Topology)

يتألف معمار الشبكة العصبية الإصطناعية من مجموعة طبقات (Layers) متتالية من عناصر المعالجة والترابطات. وأبسط تركيب ممكن لشبكة عصبية هو التركيب الذى يتكون من طبقة واحدة من العناصر تربط ربطا مباشرا مدخلات الشبكة مع مخرجاتها. ونتيجة القصور فى أداء هذا التركيب ظهرت معماريات أخرى للشبكات تحتوى تراكيبها على أكثر من طبقة من عناصر المعالجة ومن الترابطات وهى التى تعرف بالشبكات متعددة الطبقات (Multi-Layer Networks) حيث تخصص إحدى الطبقات لاستقبال مدخلات الشبكة(Input Layer) وتخصص طبقة أخرى لبث مخرجاتها(Output Layer) بينما يطلق على باقى الطبقات إسم الطبقات الخفية(Hidden Layers). انظر شكل(١٧ - ٢).



شكل (١٧ - ٢)

وتحتوى الشبكة ثنائية الطبقات على طبقتين من عناصر المعالجة الأولية تربط بينها طبقة من الترابطات، كما يتضح من الشكل (١٧ - ٣). وتخصص عناصر طبقة منها لاستقبال البيانات وتخصص عناصر الطبقة الأخرى لإخراج النتائج. ويطلق على هذا النموذج إسم النموذج المصفوفى للشبكات (Matrix Model) نظرا لإمكان تمثيل أوزان طبقة ترابطاته الوحيدة على هيئة مصفوفة.

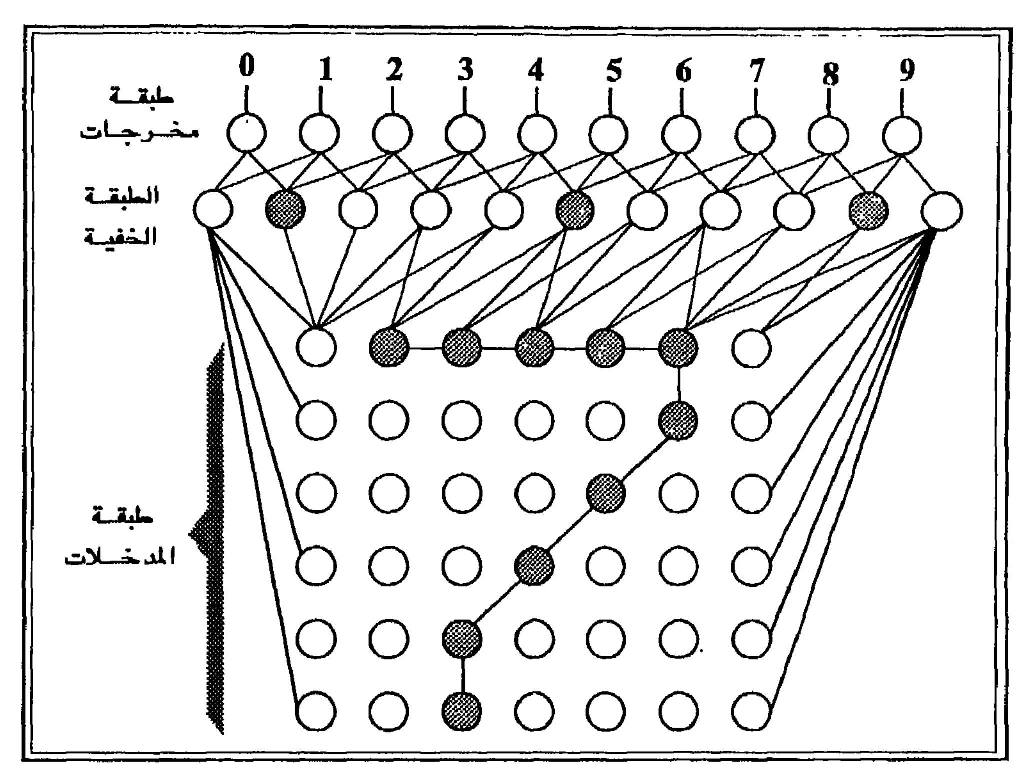


شكل (١٧ - ٣)

وتمكن الطبقات الخفية من تطوير تمثيل داخلى (Internal Representation) لما تستشعره من أشكال ومايدخل إليها من أنساق. والشكل (١٧ - ٤) يوضح مثالا لشبكة ثلاثية الطبقات مصممة للتعرف على أشكال الأرقام. وتتكون طبقة إدخال هذه الشبكة من وحدات إدخال مرتبة على هيئة شبكة (Grid) ثنائية الأبعاد يحدد نسق إستثارتها شكل الرقم المدخل، رقم (7) على سبيل المثال، وتترابط وحدات هذه الطبقة ترابطا كاملا مع وحدات الطبقة الثانية (الطبقة الخفية) التى يتحدد نسق استثارتها طبقا لنسق إستثارة وحدات الإدخال. ويعتبر نسق إستثارة وحدات الطبقة الخفية بمثابة التمثيل الداخلى الذى تطوره الشبكة للشكل المدخل. وبناء على هذا التمثيل الداخلى تتم إستثارة وحدة من وحدات طبقة الإخراج تعبر عن الشكل المطلوب وهو رقم (7) فى حالتنا هذه.

وتصنف الشبكات العصبية طبقا لطبيعة إنتشار الإستثارة عبر طبقات وحداتها وترابطها إلى الأنواع الآتية :

- ☐ شبكات التغذية المتقدمة (Feed forward) ، وهى الشبكات التى يخلو تركيبها من وجود حلقة مغلقة (Closed Loop) من الترابطات بين الوحدات المكونة لها.
- ☐ شبكات التغذية الراجعة (Feedback) ، وهى الشبكات التى يمكن لمخرجاتها أن تجد طريقا خلفيا مرة أخرى لتصبح مدخلات.
- ☐ شبكات الترابط الذاتى (Auto associative) ، وهى الشبكات التى تلعب كافة العناصر المكونة لها دورا مزدوجا فتستقبل المدخلات وتبث المخرجات فى نفس الوقت.

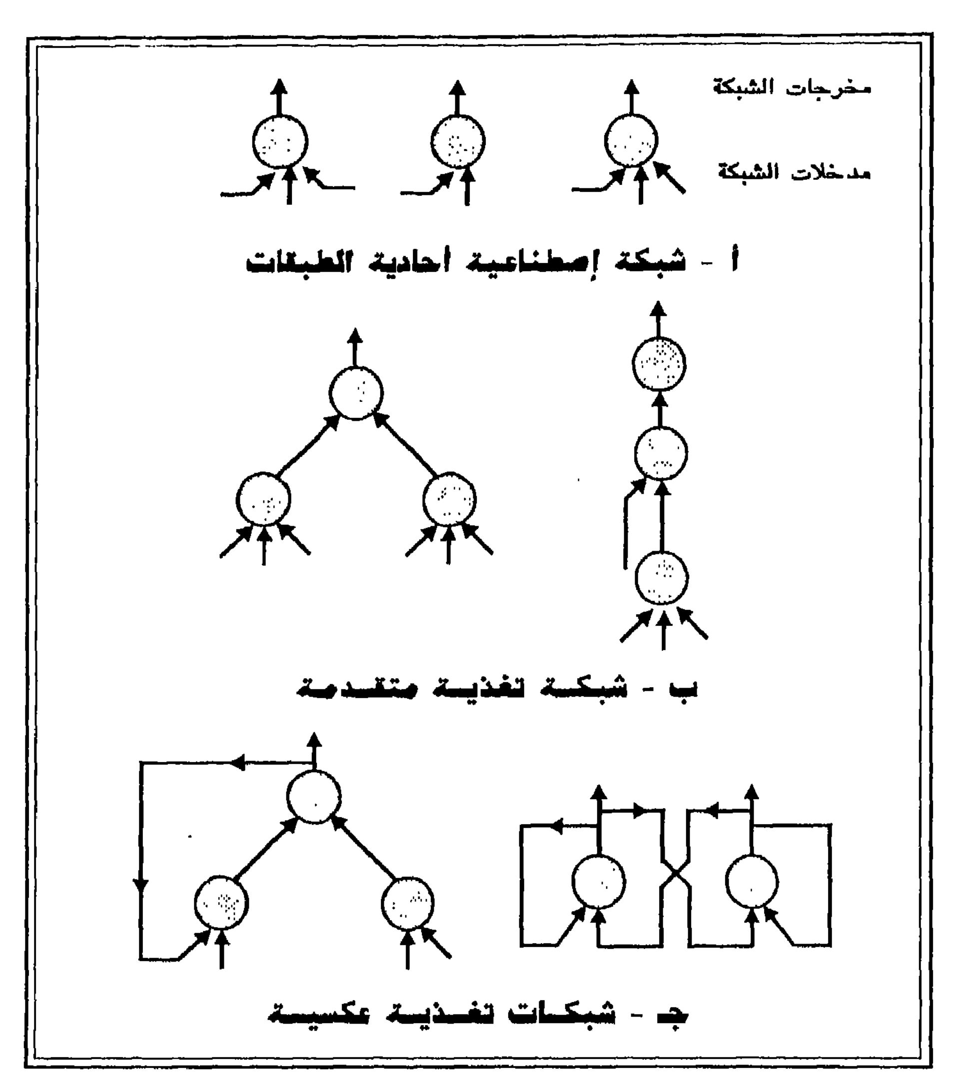


شكل (١٧ - ٤)

ويوضح شكل (١٧ - ٥) أمثلة للنماذج المعمارية المختلفة للشبكات العصبية الإصطناعية. فالشكل (١٧ - ٥أ) يوضح تركيب شبكة تغذية متقدمة أحادية الطبقة إذ أنها لاتحتوى إلا على طبقة واحدة فقط من وحدات المعالجة تربط بين مدخلات الشبكة وبين مخرجاتها. وهى شبكة مكتملة الترابط (Fully Connected) حيث يتصل كل مدخل بكافة عناصر المعالجة التى تتكون منها الشبكة.

أما شكل (١٧ - ٥ب) فيوضح شبكات تغذية متعددة الطبقات لاحتوائها على طبقات من عناصر المعالجة لاتتصل مباشرة بالمدخلات او بعناصر الطبقات الخفية.

ويوضح شكل (١٧ - ٥ جـ) نماذج لتراكيب عامة وخاصة لشبكات التغذية الخلفية.



شكل (١٧ - ٥)

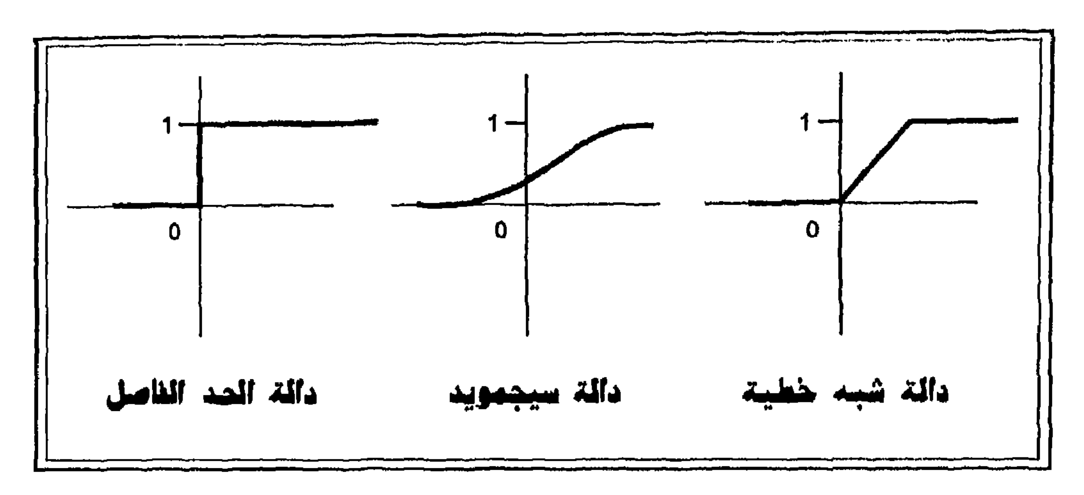
١٧ - ٢ - ٣ طبيعة عملية تذكر المعلومات

تتوقف عملية تذكر الشبكة العصبية الإصطناعية للمعلومات أو المعارف المختزنة بها أو التى تعلمتها على طبيعة الدالة الرياضية المستخدمة فى تمثيل كيفية إستثارة عنصر المعالجة. وتتكون هذه الدالة من قاعدة إستثارة العنصر ومن شكل الدالة العتبية (Threshold Function) أو دالة الإخراج المستخدمة. وأبسط قواعد الإستثارة التى يمكن استخدامها تنص على أنه يمكن

تمثيل التأثير المجمع للعناصر المكونة للشبكة على عنصر منفرد من عناصرها هو العنصر (j) بواسطة كمية قياسية هى (Zj) تمثل التأثير المدخل الكلى للعنصر المعنى ويتم حساب هذه الكمية بالجمع الموزون لأوضاع إستثارة كافة العناصر الأخرى المرتبطة بالعنصر المعنى أى أن

$$Z_j = \sum_j Y_i W_{ij} - t_j$$

حيث (Yi) هى وضع إستثارة العنصر (i) ، أو مخرجه ، (Wij) هى وزن الترابط بين العنصريين (i) ، (j) أما (tj) فهى عتبة الإستثارة أو دالة الإخراج للعنصر (j) أو أقل قدر من الطاقة مطلوب لإستثارته. وهناك العديد من الدوال العتبية التى يمكن استخدامها مثل دالة الحد الفاصل ودالة السيجمويد والدالة شبه الخطية ، أنظر شكل (١٧ - ٦)



شكل (١٧ - ٦)

١٧ - ٣ - ٣ طبيعة المدخلات

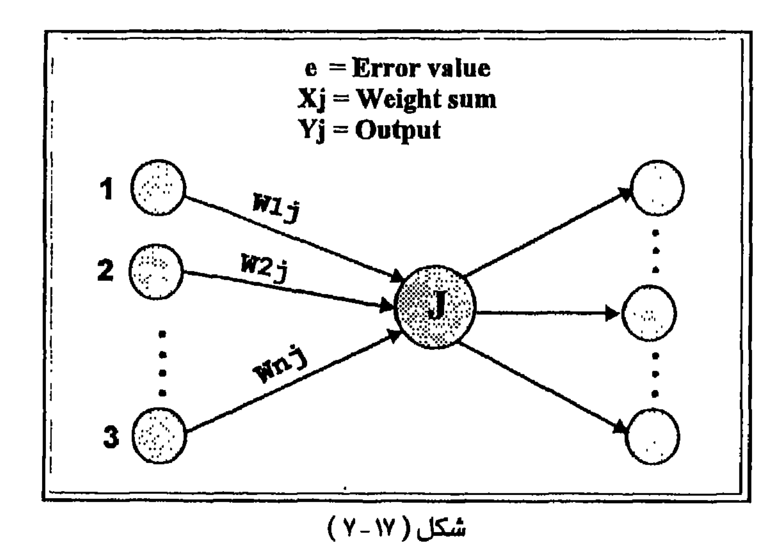
تتحدد طبيعة المدخلات طبقا لنوع القيم العددية المستخدمة فى تمثيل مدخلات الشبكة فهى قد تكون ثنائية (Binary) أو تكون متصلة (Continuous).

١٧ - ٣ - ٤ طبيعة إنتشار الإستثارة

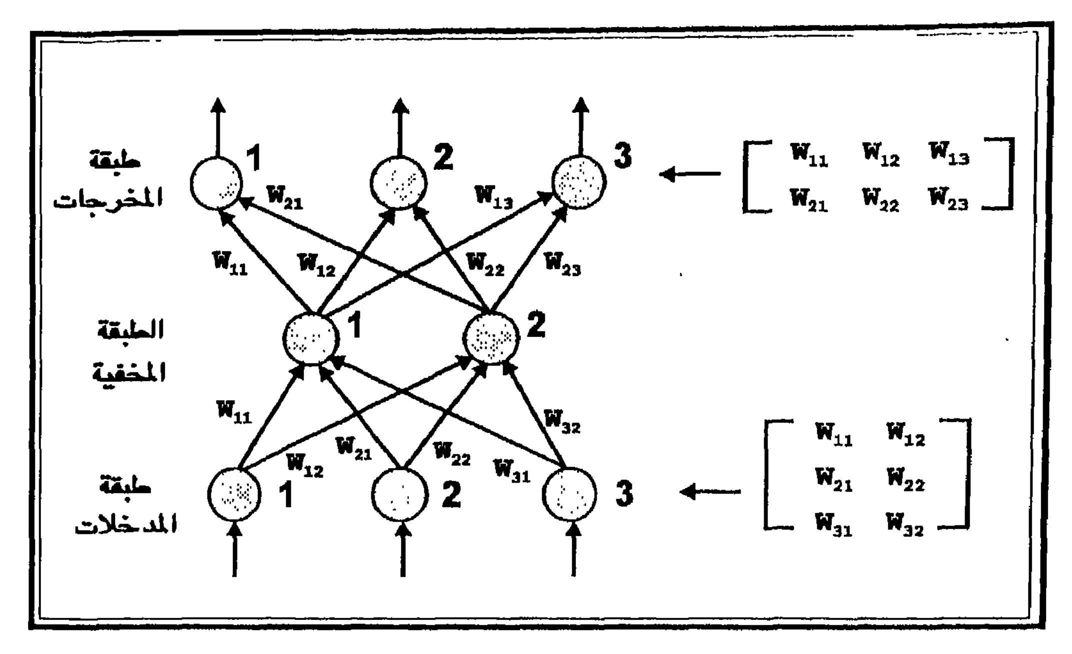
يمكن تصنيف الشبكات طبقا لنوع الإستثارة إلى نوعين رئيسيين وهما نموذج الإنتشار المرتد (Back Propagation) ونموذج الإنتشار العكسى (Counter Propagation) ويتم شرحهما فى الأجزاء التالية.

١ - نموذج الإنتشار المرتد (Back Propagation)

تعتبر الشبكات العصبية الإصطناعية القائمة على أساس الإنتشار المرتد أو الخلفى للخطأ (Back - Error Propagation) من أكثر أنواع الشبكات العصبية استخداما فتطبيقاتها تغطى العديد من المجالات مثل تمييز الأشكال (Pattern Recognition) ، التشخيص الطبى ، التعرف على الكلام ، الروبوتات. وهناك العديد من تلك الشبكات التى تستخدم فى تمييز الحروف وفى التعرف على الأهداف بواسطة السونار وفى تصنيف الصور وفى تكوين الإشارات وفى معالجة المعرفة. وعلى وجه العموم يستخدم نموذج شبكات الإنتشار المرتد فى معالجة الأمور التى تتطلب تخطيط الأشكال بمعنى أنه فى عرض شكل ما على الشبكة كمدخلات فإن عليها أن تستجيب بتوليد الشكل المطلوب (الشكل المستهدف). وشبكة الإنتشار المرتد هى شبكة عصبية إصطناعية متعددة الطبقات أى أنها تحتوى على طبقات من الخلايا العصبية المختلفة بالإضافة إلى طبقتى الإدخال والإخراج. والشكل (١٧ - ٧) يوضح عنصر المعالجة الأولية لتلك الشبكات. حيث نرى العنصر J والذى يتلقى الجمع الموزون (x) لمخرجات العناصر الموجودة على يساره ليرسل هو بدوره مخرجا ((Y = f(x) إلى الوحدات الأخرى على يمينه. وتصاحب كل وحدة كمية تمثل الخطأ (e) فى حساباتها. كما يوضح شكل (١٧ - ٨) شبكات ثلاثية الطبقات تحتوى على طبقة واحدة من العناصر الخفية (Hidden Layer) ، بالإضافة إلى طبقتى الإدخال والإخراج ومصفوفات أوزان ترابطاتها.



شكل (١٧ - ٧)

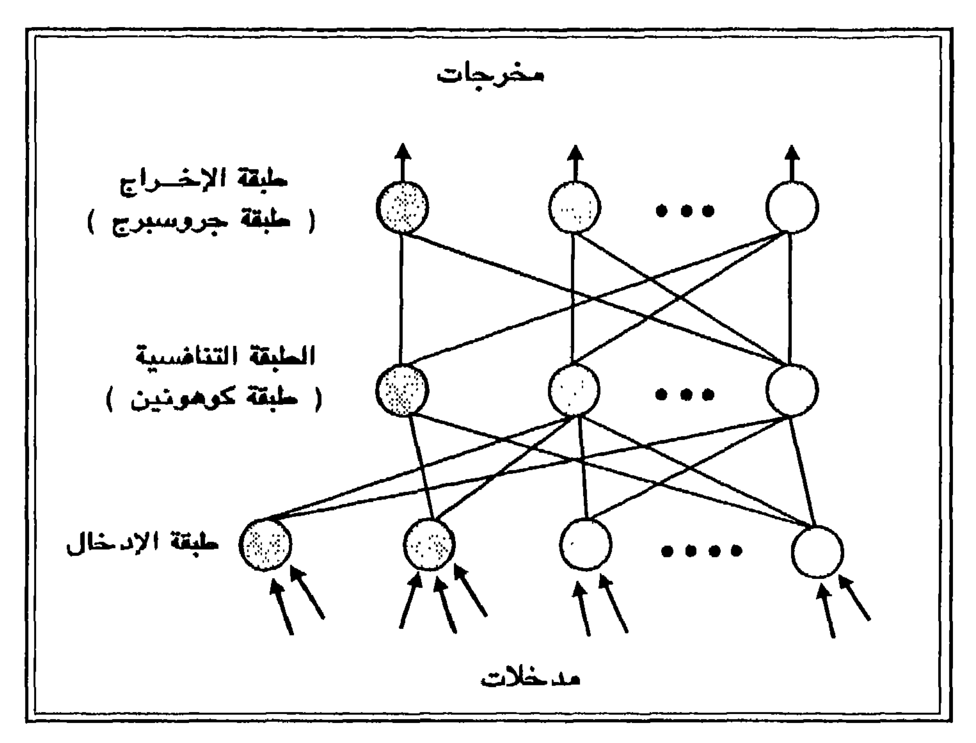


شكل (١٧ - ٨)

وتعليم شبكات الإنتشار المرتد هو تعليم موجه يتم بعرض زوج من الأشكال المطلوب مقابلتها على الشبكة وهما الشكل المدخل والشكل المستهدف وتعرف هذه الأزواج ببيانات التدريب. وعند عرض هاتين الصورتين على الشبكة تقوم بضبط الأوزان لتقلل الفرق بين الشكل المخرج والشكل المستهدف وتستمر هذه المحاولات بطريقة تكرارية (Iterative Process) إلى أن يصل أداء الشبكة إلى المستوى المطلوب.

٢ - نموذج الإنتشار العكسى (Counter Propagation)

تتميز الشبكات العصبية الإصطناعية المبنية على أساس نموذج الإنتشار العكسى (Counter Propagation) بمعمارها الفريد الذى يحتوى على عدة طبقات لكل منها أسلوبها الخاص فى التعلم الذى يختلف من طبقة إلى طبقة. والشكل (١٧ - ٩) يوضح معمار هذه الشبكة. وتتألف الشبكة من ثلاثة طبقات : طبقة الإدخال ، وطبقة كوهونين (Kohonen Layer) وهى طبقة تنافسية ، تتنافس الوحدات المكونة لها فيما بينها على الفوز بأكبر قدر من طاقات الإستثارة الواردة إليها من عناصر طبقة الإدخال. أما الطبقة الأخيرة من هذه الشبكة فهى طبقة الإخراج بطريقة جروسبرج (Grossberg Layer) وتختص بإخراج البيانات. وترتبط وحدات كل طبقة ترابطا كاملا مع وحدات الطبقة التى تليها.



شكل (١٧ - ٩)

١٧ - ٣ النظم المختلفة لتعليم الشبكات

لعل أهم مايميز الشبكات العصبية الإصطناعية كنظم حوسبة هو أسلوب معالجتها للمعلومات فهو لايقوم على مفهوم وضع خوارزمية حل مسبق للمشكلة موضوع المعالجة ومن ثم على صورة هذه الخوارزمية المصاغة باحدى لغات البرمجة ، بمعنى أنه لايقوم على أسلوب البرمجة المتبع فى حالة نظم الحاسبات التقليدية ولكن الشبكة تتعلم كيفية تنفيذ ماقد يطلب منها. ويتم تعليم الشبكة العصبية أو تدريبها بواسطة ضرب الأمثلة لها. فتعليم الشبكة كيفية التعرف على شكل ما لايتطلب منا توصيفا كميا دقيقا لخصائص هذا الشكل ولايقتضى وضع صيغة منطقية محكمة للمعايير التى تستخدم فى تمييزه عن غيره من الأشكال كما هو الحال فى نظم الذكاء الإصطناعى التقليدية ، ولكنه يتم بعرض أمثلة لهذا الشكل أو الشىء أمام الشبكة لتقوم هى وبنفسها بتعديل أوزان الترابطات بين عناصرها منشئة بذلك تمثيلا داخليا للشكل المطلوب التعرف عليه بحيث يمكنها تذكره كلما دعت الحاجة لذلك.

ومن أهم قواعد التعلم أو قواعد تعديل الأوزان وأكثرها شيوعا تلك التى وضعها هب (Hepp) سنة ١٩٤٩ إنطلاقا من مشاهدته لسلوك الشبكات العصبية الطبيعية. وتنص تلك القاعدة على

أنه إذا داوم عنصر معالجة (i) على إستثارة عنصر معالجة (j) وحثه على بث نبضة كهربية فإن قدرة العنصر (i) على إطلاق العنصر (j) تزداد بمرور الزمن، ويمكن صياغة هذه القاعدة رياضيا على النحو التالى :

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + C.X_{ij}(t).Y_j(t)$$

حيث (Xij) هو مدخل العنصر (j) ، (Yj(t هو مخرجه فى الزمن (t) و (Wij) هو وزن الترابط عند الزمن (t) والزمن الذى يليه (t+1) وأخيرا الكمية الثابتة (C) وهى كمية موجبة تحدد معدل تعلم الشبكة. أى أن الزيادة فى شدة الترابط بين عنصرى معالجة يتناسب طرديا مع حاصل ضرب وضعى أو طاقة كل منهما.

وتعتبر قاعدة هب حالة خاصة من قاعدة التعلم العامة التى تنص على أن تغيير وزن الرابطة المشبكية (Synaptic Weight) أو وزن الترابط ، بين عنصرى معالجة بالزيادة أو بالنقصان يتناسب مع إشارة التعزيز (tij) الصادرة من العنصر (i) إلى العنصر (J) أو الصادرة من بقية عناصر المعالجة المكونة للشبكة أو تلك القادمة من مصدر خارجى مثل بيئة التعلم أى أن

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + C.t_{ij}(t)$$

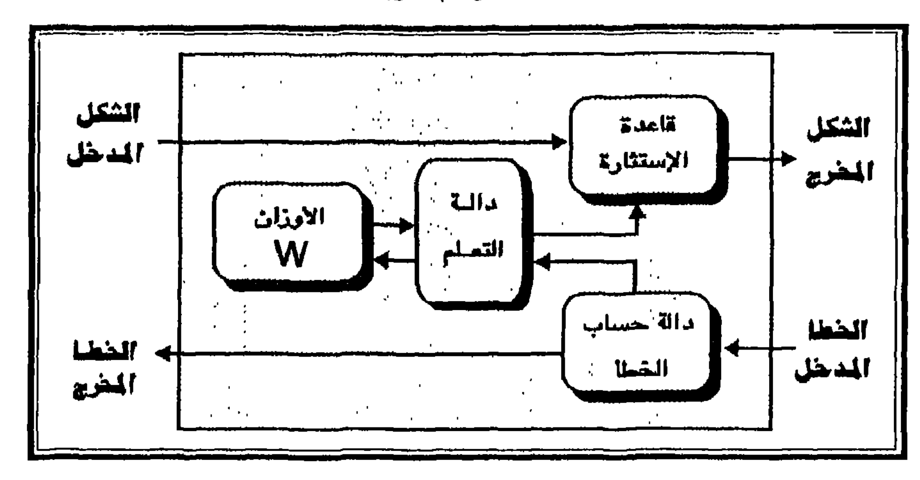
ويمكن تصنيف أساليب التعلم المختلفة للشبكات العصبية الإصطناعية إلى فئتين رئيسيتين وهما:

- فئة التعليم الموجه.
- فئة التعليم الذاتى (غير الموجه).

١٧ - ٣ - ١ التعليم الموجه للشبكات العصبية الإصطناعية
(Supervised Learning of ANN's)

تقوم كل طرق التعليم أو التدريب الموجه للشبكات العصبية الإصطناعية على فكرة عرض البيانات التدريبية أمام الشبكة على هيئة زوج من الأشكال وهما الشكل المدخل (Input Pattern) والشكل المستهدف (Target or Output Pattern) وتستخدم الشبكة الفرق بين الشكلين فى حساب دالة الخطأ التى تستخدمها بعد ذلك فى تعديل قيم الأوزان بهدف تقليل هذا الفارق. وتتم عملية تعديل الأوزان باستخدام دالة أخرى تعرف بدالة تحديث الأوزان (Weight Updating Function) أو دالة التعليم (Learning Function) وذلك كما يتضح من الشكل (١٧ - ١٠).

ويعتبر التعليم بطريقة الإنتشار المرتد للخطأ (Back - Error Propagation) من أهم طرق التعليم الموجه للشبكات العصبية وأكثرها شيوعا هذا بالإضافة إلى استخدامه فى تدريب الشبكة المستخدمة فى التعرف على أشكال الأرقام العربية.



شكل (١٧ - ١٠)

ويتم تنفيذ خوارزم تعليم شبكات الإنتشار المرتد من خلال مرحلتين رئيسيتين هما مرحلة الإنتشار المتقدم (Forward-Propagation) ومرحلة الإنتشار المتقهقر (Backward-Propagation).

١ - مرحلة الإنتشار المتقدم (Forward Propagation)

تبدأ هذه المرحلة بعرض الشكل المدخل للشبكة ، حيث تخصص كل عنصر معالجة من طبقة عناصر الإدخال لأحد مكونات المتجه (Vector) الذى يمثل الشكل المدخل. والشكل (١٧ - ١١) يوضح مثالا لهذا المتجه وهو يمثل حرف A مكتوبا بخط اليد. وتسبب قيم مكونات متجه الشكل المدخل إستثارة لوحدات طبقة الإدخال ، ويعقب ذلك إنتشار متقدم لتلك الإستثارة عبر بقية طبقات الشبكة. ويتم هذا باستخدام دالة إستثارة تتكون من :

- ☐ قاعدة إستثارة لحساب المدخل الكلى لكل وحدة (Yj)

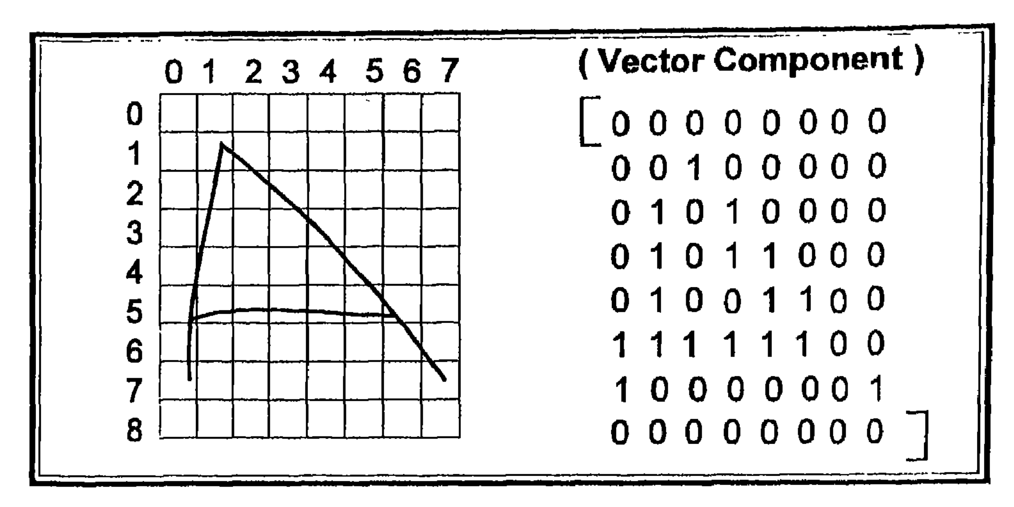
$$Y_j = \sum X_i W_{ij}$$

حيث (Xj) هو وضع إستثارة الوحدة (i) أو مخرجها.

- ☐ دالة إخراج سيجمويد

$$f(Xij) = 1/[1+\exp(-Yj)]$$

وينبغى هنا الإشارة إلى أن عناصر طبقة الإدخال تمثل حالة خاصة إذ لاتنطبق دالة الإستثارة السابقة عليها ، فأوضاع إستثارة وحدات تلك الطبقة تحددها مكونات الشكل المدخل.



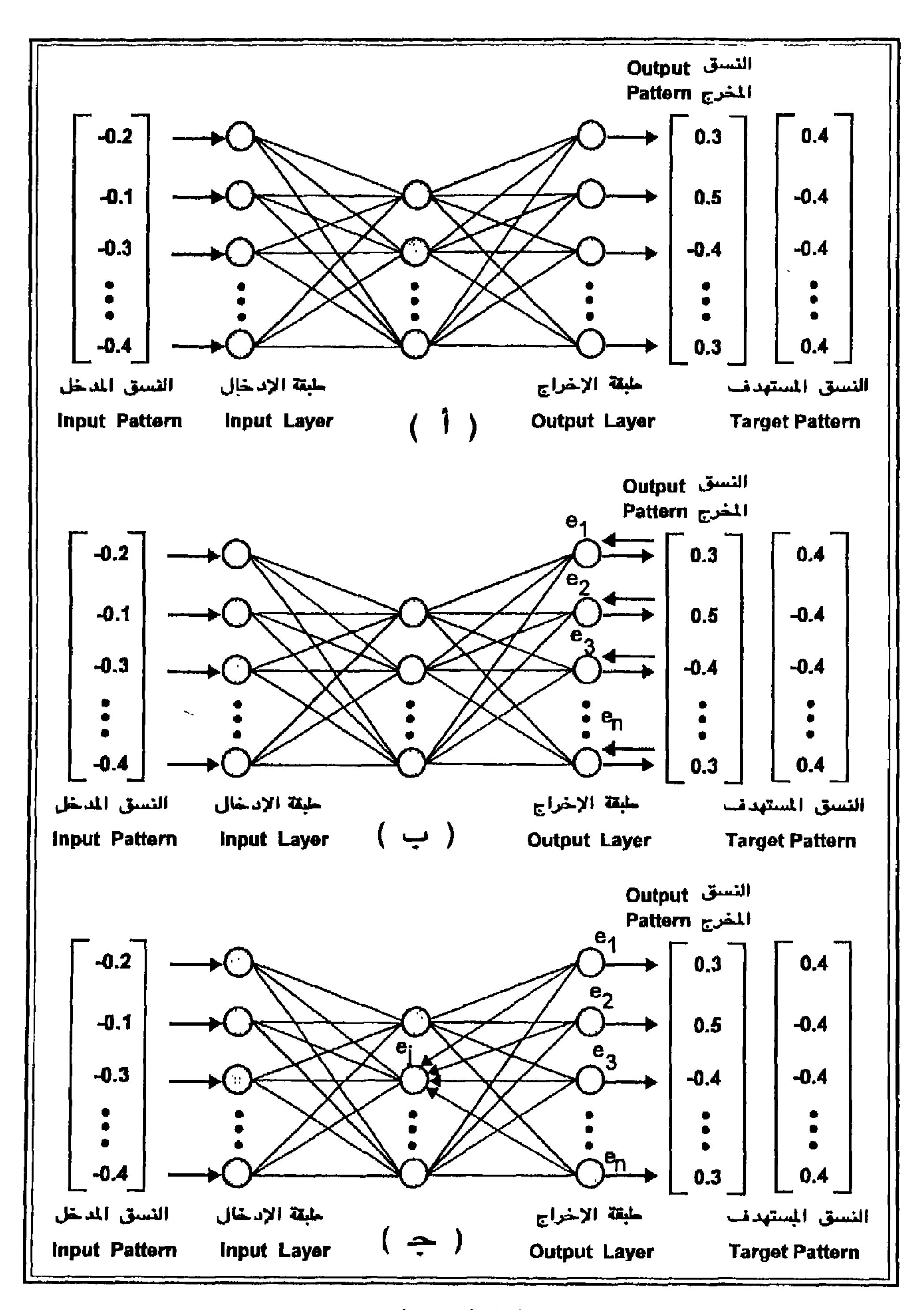
شكل (١٧ - ١١)

٢ - مرحلة الإنتشار المتقهقر (Backward Propagation)

تتم مرحلة الإنتشار المتقدم بإنتاج الشبكة لشكل مخرج مقابل للشكل المدخل وذلك من خلال طبقة الإخراج. وهنا تبدأ مرحلة الإنتشار المتقهقر بحساب الفرق الذى يمثل خطأ الشبكة فى عملية المقابلة بين الشكلين أنظر شكل (١٧ - ١٢ أ). وتبدأ تلك الحسابات بحساب قيمة خطأ كل عنصر من عناصر طبقة الإخراج كما يتضح من الشكل (١٧ - ١٢ ب)، وتستخدم تلك القيم فى تعديل أوزان الترابط بين عناصر طبقة الإخراج والطبقات الخفية لتقوم هذه الطبقة بتعديل أوزان ترابطات الطبقات التالية من الترابطات. وتستمر هذه العملية بطريقة تكرارية إلى أن يتم تعديل أوزان آخر طبقة من طبقات الترابطات. وتأخذ قاعدة تعلم شبكات الإنتشار المرتد للخطأ الصورة العامة التالية :

حيث (DWij) هو مقدار التغير فى وزن الربط بين العنصرين (i)، (j) و (Yi) هو مخرج العنصر (i) و (e) هو قيمة الخطأ المحسوب للوحدة (j) وأخيرا (C) هو ثابت يحدد معدل تعلم الشبكة.

وتعرف هذه القاعدة بقاعدة دلتا العامة (Generalized Delta Rule) ويتضح من هذه القاعدة أن قدر التعديل اللازم فى شدة الأوزان يتوقف على ثلاثة عوامل، فهو يزداد بازدياد قيمة الخطأ المحسوب للوحدة (j)، وهو أيضا يتوقف على مخرج الوحدة فيزداد بازديادها وينقص بنقصانها. أما معدل التعلم فهو مقدار ثابت تتراوح قيمته بين ٠,٢٥ و ٠,٧٥ ويتحدد بمعرفة مدرب الشبكة.



Output النسق
Pattern المخرج
-0.2
-0.1
-0.3
-0.4
0.3
0.5
-0.4
0.3
0.4
-0.4
-0.4
0.4
النسق المدخل
Input Pattern
طبقة الإدخال
Input Layer
(أ)
طبقة الإخراج
Output Layer
النسق المستهدف
Target Pattern
e1
e2
e3
en
(ب)
ei
(جـ)

شكل (١٧ - ١٢)

١٧ - ٣ - ٣ التعلم الذاتى (غير الموجه) للشبكات العصبية

تبنى أساليب التعليم الذاتى للشبكات العصبية الإصطناعية على أساس قدرتها على اكتشاف الملامح المميزة لما يعرض عليها من أشكال وأنساق وقدرتها على تطوير تمثيل داخلى لهذه الأشكال وذلك دون أى معرفة مسبقة بها وبدون عرض أمثلة لما يجب عليها أن تنتجه وذلك على عكس المبدأ المتبع فى أسلوب التعليم الموجه.

أى أن للشبكات العصبية القدرة على التنظيم الذاتى لأوزان ترابطاتها ولأوضاع إستثارة عناصرها طبقا لطبيعة مايعرض أمامها من أشكال وأنساق. ويعتبر هذا الأسلوب من أساليب التعلم من أكثر الأساليب شبها بتلك التى تتبعها النظم الحية فى التعرف على الجديد ومن ثم فى تنمية معارفها.

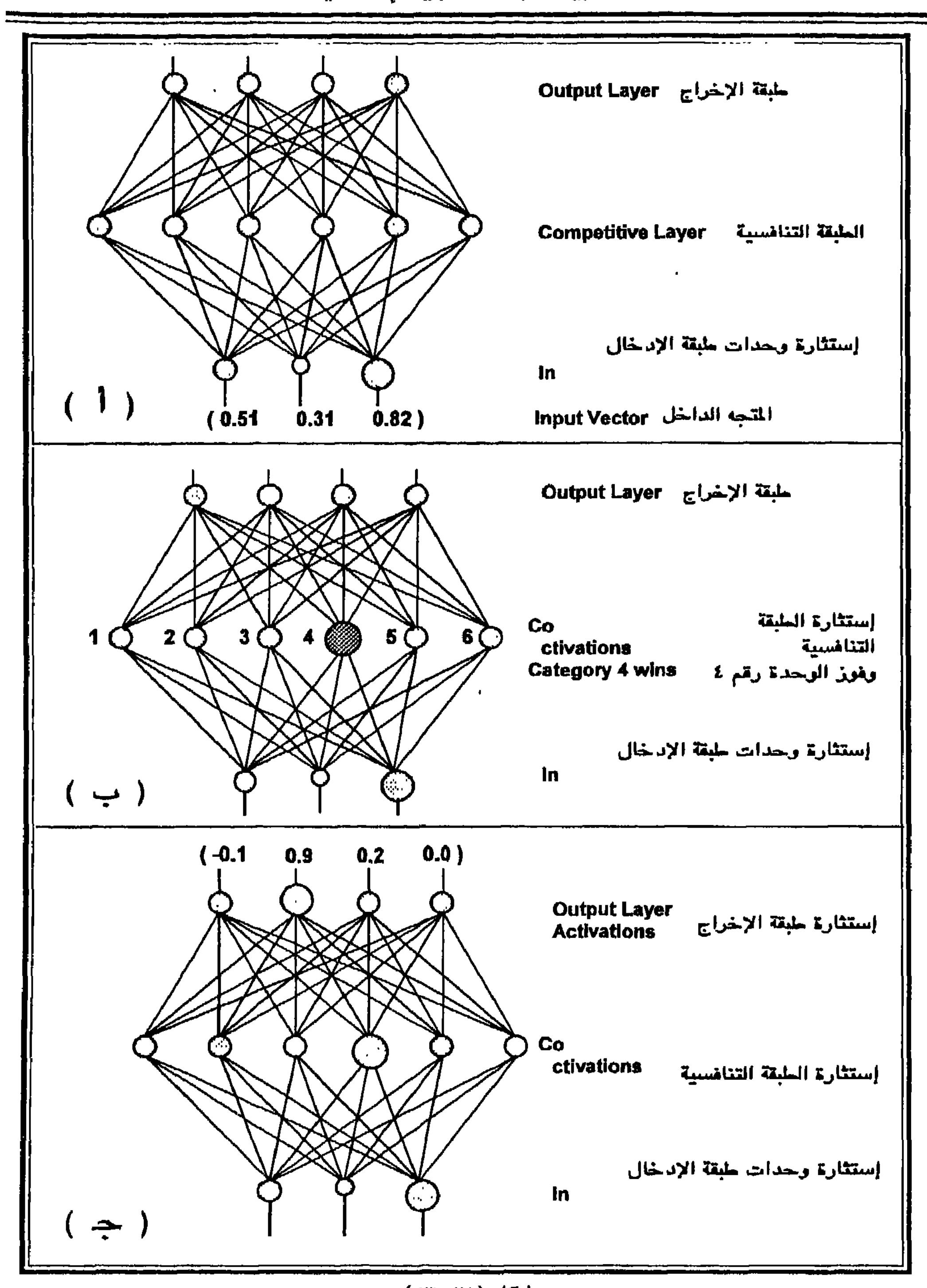
وهناك العديد من طرق تدريب الشبكات التى تتبع هذا الأسلوب كطريقة التعلم التنافسى فى نموذج الإنتشار العكسى وفيها تتم عملية التدريب طبقا للأسلوب التالى أنظر شكل (١٧ - ١٣) :

- يعرض الشكل المدخل على الشبكة كما فى شكل (١٧ - ١٣ أ) ، لتبدأ وحدات الطبقة المخفية ، طبقة كوهونين ، فى التنافس فيما بينها على الفوز بنصيب الأسد من طاقة الإستثارة القادمة إليها من عناصر طبقة الإدخال عبر طبقة الترابطات الأولى.

- تنتهى عملية التنافس بفوز عنصر معالجة واحد من عناصر طبقة كوهونين بأكبر قدر من طاقة استثارة عناصر طبقة الإدخال وتظل بقية العناصر فى حالة خمول أنظر شكل (١٧ - ١٣ ب).

- يقوم العنصر الفائز بعد ذلك باستثارة عناصر طبقة الإخراج ، طبقة جروسبرج طبقا للشكل المخرج أنظر شكل (١٧ - ١٣ جـ). ويتم تنفيذ هذه الإستثارة كنتيجة لترابط العنصر الفائز ترابطا كاملا مع كل وحدات طبقة الإخراج ولخمود بقية العناصر فى الطبقة الخفية.

وتستخدم شبكات الإنتشار العكسى فى العديد من التطبيقات مثل تصنيف الأشكال (Pattern Classification) وتقريب الدوال (Function Approximation) والتحليل الإحصائى (Statistical Analysis) وضغط البيانات (Data Compression).


Output Layer طبقة الإخراج
Competitive Layer الطبقة التنافسية
إستثارة وحدات طبقة الإدخال
In
(أ)
(0.51 0.31 0.82)
Input Vector المتجه الداخل
Output Layer طبقة الإخراج
1 2 3 4 5 6
Co
ctivations
Category 4 wins
إستثارة الطبقة التنافسية
وفوز الوحدة رقم ٤
إستثارة وحدات طبقة الإدخال
In
(ب)
(-0.1 0.9 0.2 0.0)
Output Layer
Activations
إستثارة طبقة الإخراج
Co
ctivations
إستثارة الطبقة التنافسية
إستثارة وحدات طبقة الإدخال
In
(جـ)

شكل (١٧ - ١٣)



الفصل الثامن عشر

تطوير وبناء
الشبكات العصبية الإصطناعية



١٨ - ١ بيئة التطوير (Development Environment)

يشهد مجال تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية قفزات هائلة أسهم فيها العديد من الباحثين والعلماء فى محاولة لتطوير تطبيقات قادرة على محاكاة قدرات المخ البشرى باستخدام الحوسبة العصبية. وظهرت إتجاهات وأساليب عديدة أثرت فى عمليات التطوير فقدم الباحثون نماذجا لشبكات عصبية جديدة. ولكن هذه النماذج كانت فى حاجة إلى التنفيذ والإختبار لذلك كانت الضرورة إلى تطوير آليات سريعة لتنفيذ هذه النماذج من المعايير الهامة لدفع عجلة التطوير. أما العلماء والمهندسون فقد اخترعوا تقنيات مادية حديثة مثل الشرائح (Chips) والمعالجات المساعدة (Coprocessors) لاستخدامها فى الشبكات العصبية ولكنها بحاجة للتكامل مع البرمجيات. ولهذا ظهر مجال تطوير برمجيات الشبكات العصبية كواحد من المجالات ذات الأولوية فى ركب تطوير تطبيقات الشبكات العصبية. وأخيرا كان لظهور لغات برمجة الشبكات العصبية التى يمكن تشغيلها على الحاسبات الشخصية أكبر الأثر فى دفع عجلة التطوير وذلك بوجود أساس متين يمكن بناء الشبكات العصبية عليه.

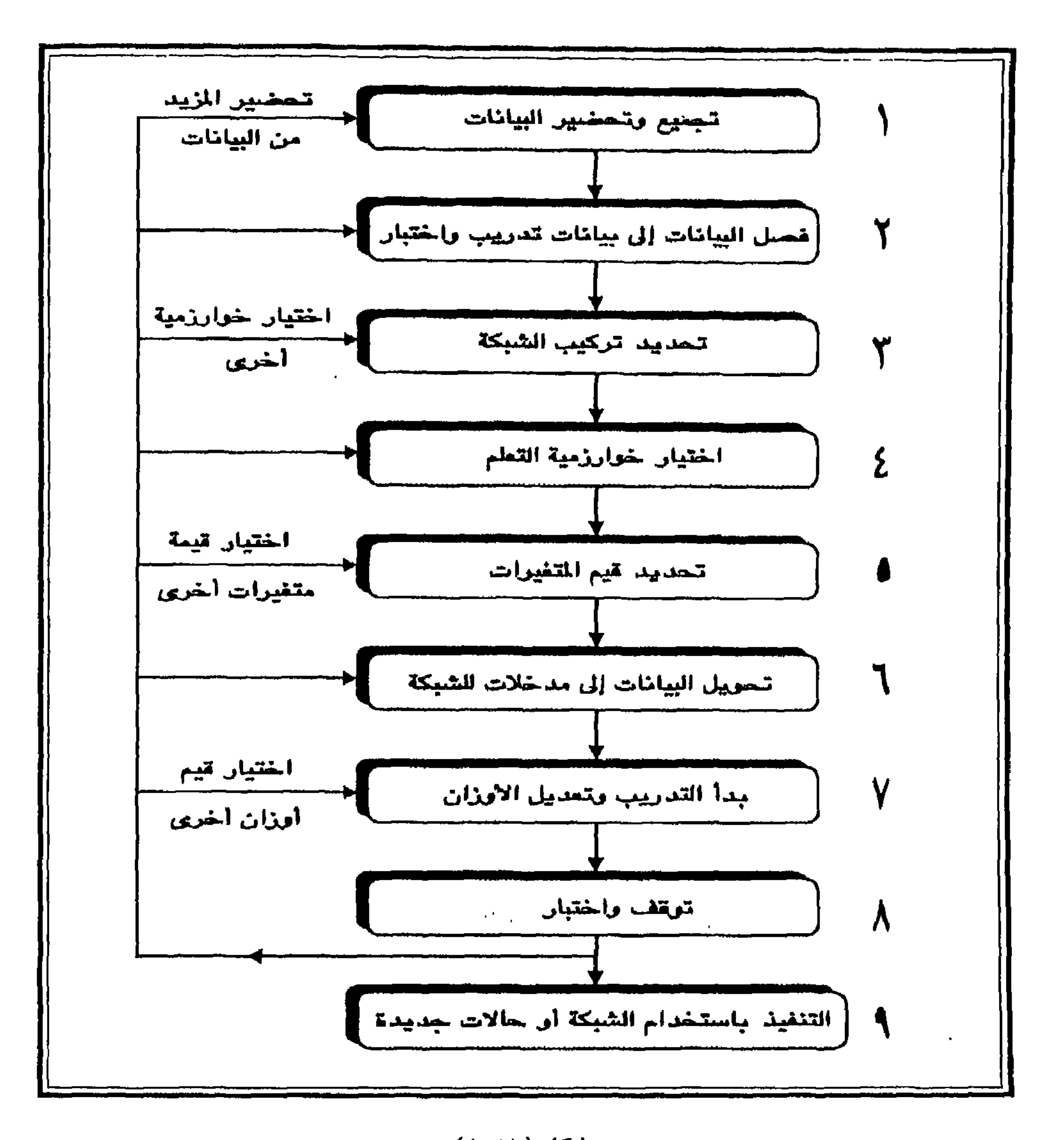
ورغم أن هذه المجالات المفتوحة للتطوير تبشر بظهور آفاق جديدة فى عالم تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية إلا أن التقنيات الحالية والبرمجيات المتاحة الآن ستبقى لفترة ليست بالقصيرة قبل إحلالها بتقنيات جديدة فى هذا المجال. ويمكن القول بأن بيئة التطوير الخاصة بالشبكات العصبية الاصطناعية من برمجيات ومكونات مادية للحوسبة الإصطناعية هى بمثابة الموجة الثانية من موجات التطوير والبحث فى هذا المجال وذلك باعتبار أن الموجة الأولى كانت تطوير وتحليل نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية.

وتشمل بيئة تطوير الشبكات الإصطناعية والخاصة بالحاسبات الشخصية ميأتى : مساعدات الكتابة (Editors) والمترجمات (Compilers) والروابط (Linkers) ومديرى المكتبات (Library Managers) وطرق إكتشاف أخطاء التشغيل (Debuggers) والجداول الإلكترونية (Spreadsheets) وقواعد البيانات(Databases) وبرامج معالجة النصوص(Word Processors) وبرامج الإتصالات (Communications). هذه الأدوات سوف يتم تكاملها مع الشبكات العصبية كأدوات تطوير لتسهم فى تسهيل تطوير برمجيات هذه الشبكات.

١٨ - ٢ خطوات عملية تطوير الشبكات الإصطناعية

رغم أن عملية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية تشبه إلى حد كبير طرق التصميم الهيكلى لقواعد المعلومات المألوفة والمبنية على الحاسب فهناك بعض الصفات والخطوات

التى تنفرد بها تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية. وهذه الخطوات مبنية على فرضية أن الخطوات المبدئية لتطوير النظام، مثل تحديد متطلبات المعلومات وإجراء تحليلات الجدوى (Feasibility Analysis) للمشروع، قد تمت بنجاح وهى خطوات مشتركة لكل نظم المعلومات. ويوضح الشكل (١٨ - ١) الخطوات التسعة لعمية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية.



شكل (١٨ - ١)

فى الخطوتين الأولى والثانية يتم تجميع البيانات الخاصة بعملية التجهيز والإختيار مع وضع خطة مناسبة لاختبار أداء الشبكة. وفى الخطوتين الثالثة والرابعة يتم اختيار معمارية الشبكة (Network Architecture) وطريقة التعلم مع الأخذ فى الإعتبار عدد الخلايا العصبية وعدد

الطبقات التى سيتم استخدامها. وفى الخطوة الخامسة تفرض الأوزان والمتغيرات الإبتدائية الخاصة بالشبكة ثم يلى ذلك تعديل قيم المتغيرات تبعا للتغذية العكسية لأداء الشبكة. وفى الخطوة السادسة يتم تحويل البيانات الخاصة بالتطبيق إلى صورة البيانات الخاصة بالشبكة ويتطلب ذلك كتابة برنامج حاسبى لمعالجة البيانات. وفى الخطوتين السابعة والثامنة تجهز الشبكة بطريقة التكرار (Iteration) حيث تقوم بحساب المخرجات الحقيقية ثم تعدل الأوزان حتى تطابق هذه المخرجات المخرجات المطلوبة والبيانات المدخلة فى الخطوة الأولى. وفى الخطوة التاسعة يتم الحصول على فئة مستقرة (Stable Set) من الأوزان وبها يتم الحصول على المخرجات المطلوبة عن طريق إعطاء مدخلات تشبه المدخلات الموجودة فى مرحلة التدريب. وفى هذه المرحلة تكون الشبكة جاهزة للعمل كنظام مستقل (Stand-alone System) أو كجزء من نظام خبير آخر. وسوف نعرض فيما يلى شرحا لهذه الخطوات.

١٨ - ٢ - ١ تجميع وإعداد البيانات
(Data Collection and Preparation)

تشمل الخطوتان الأولى والثانية لعملية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية جمع البيانات وفصلها إلى فئتين : فئة التدريب (Training Set) وفئة إختبار (Test Set). وهذه المهمة تعتمد على تحليل التطبيق حتى يمكن تحديد وتحجيم المشكلة جيدا وفهم طبيعة أداء الشبكة.

ويجب على المطور تحديد (Identify) وإيضاح (Clarify) البيانات المرتبطة بالمشكلة وهذا يعنى إنجاز هذه المهمة بطريقة الإعتماد على البيانات (Data-Oriented) والتى تخدم إيجاد الحلول المطلوبة من الشبكات العصبية. على سبيل المثال : الوصف اللفظى يجب أن يحول إلى قيمة عددية حتى يمكن معالجته وفهمه بواسطة الشبكة. وهناك إعتبار آخر وهو إستقرار المدخلات (Stability) ومدى الحاجة إلى تغيير عدد عقد الإدخال (Input Nodes) للشبكة العصبية نتيجة التغيير فى الظروف المحيطة.

ويتحكم تركيب الشبكة العصبية وخوارزميات التعلم (Learning Algorithms) فى نوع البيانات فهى إما بيانات ثنائية (Binary) أو متصلة (Continuous).

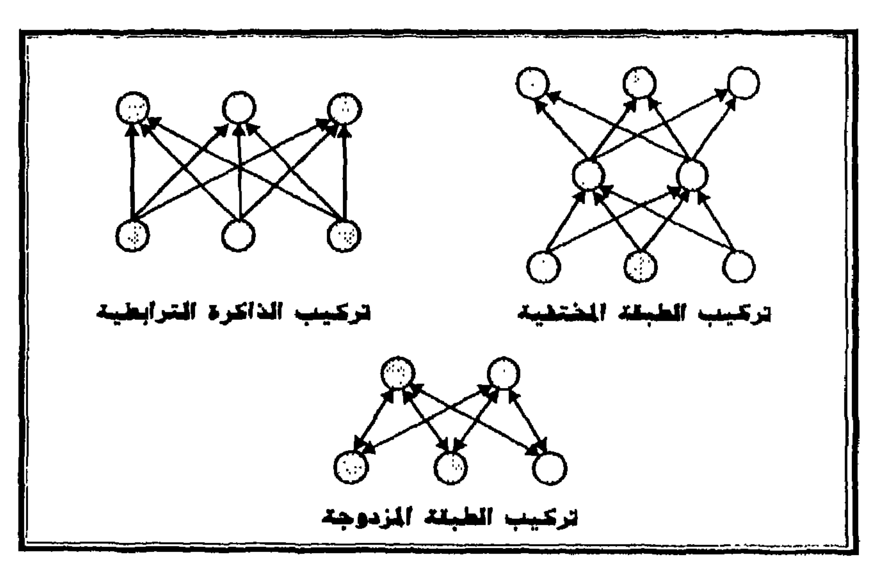
وتحتاج عملية تجميع البيانات إلى عناية خاصة لتجنب الأخطاء (Errors) والعشوائية فى تجميع البيانات (Randomness) كذلك يجب أن تغطى البيانات مساحة واسعة من نطاق المشكلة. أى تتعدى البيانات فى تغطيتها العمليات الروتينية (Routine Operations) إلى

الإستثناءات والظروف المحيطة بنطاق المشكلة. أيضا يجب التأكد من صفة الإعتمادية على البيانات (Reliability) وذلك بالحصول عليها من أكثر من مصدر.

وكثرة فئات البيانات تزيد من وقت معالجتها أثناء التدريب فى حين تحسن البيانات الجيدة من دقة تجهيز الشبكة وتزيد من سرعة الإقتراب إلى مجموعة جيدة من الأوزان. ويتم فصل البيانات بطريقة عشوائية (Randomly) إلى فئة لتجهيز الشبكة أو تدريبها وفئة الإختبار. وتستخدم فئة التجهيز لتعديل (Adjust) الأوزان وتستخدم فئة الاختبار لتحقيق صحة (Validation) الشبكة العصبية.

١٨ - ٣ - ٢ تراكيب الشبكة (Network Structures)

هناك العديد من نماذج الشبكات العصبية الإصطناعية التى تم تنفيذها. ويوضح الشكل (١٨ - ٢) بعض تراكيب الشبكات العصبية مثل نظام الذاكرة الترابطية (Associative Memory) والطبقة الخفية (Hidden Layer) والتراكيب ذات الطبقة المزدوجة (Double Layer). وفيما يلى شرح مفصل لهذه التراكيب.



شكل (١٨ - ٢)

١ - نظم الذاكرة الترابطية

معنى الذاكرة الترابطية (Associative Memory) هو القدرة على استدعاء أوضاع ومواقف كاملة من المعلومات الجزئية. وهذه النظم تربط بين البيانات المدخلة والمعلومات

المخزنة فى الذاكرة. ويمكن استدعاء المعلومات من مدخلات غير كاملة أو متداخلة (Noisy) ويتدرج الأداء ببطء فقط عند فشل الخلية العصبية. ويمكن لنظم الذاكرة الترابطية إكتشاف التشابه بين المدخلات الجديدة والأشكال المخزنة. ومعظم تراكيب الشبكات العصبية يمكن استخدامه كذاكرة ترابطية.

٢ - الطبقة الخفية

يمكن أن تحتوى نظم الذاكرة الترابطية على واحد أو أكثر من الطبقات المتوسطة (Intermediate) والتى تسمى الطبقات الخفية (Hidden Layers).

٣ - التراكيب ذات الطبقة المزدوجة

هذه التراكيب لاتحتاج إلى معلومات عن العدد المحدد لأنواع بيانات التدريب ولكنها تستخدم التغذية الأمامية (Forward Feed) والتغذية الخلفية (Backward Feed) لضبط المتغيرات عند تحليل البيانات لإيجاد أعداد اختيارية لأنواع البيانات المقدمة إلى النظام.

وتحتاج التطبيقات العملية إلى واحد أو أكثر من الطبقات الخفية بين خلايا الإدخال والإخراج مما يعنى استخدام عدد كبير من الأوزان. فمثلا فى الشبكات العصبية الإصطناعية التجارية توجد أربعة أو خمسة طبقات خفية وبكل طبقة من (١٠) إلى (١٠٠٠) عنصر معالجة.

١٨ - ٢ - ٣ الإعداد (التجهيز)

فى مرحلة التجهيز لتدريب الشبكة ، وهى الخطوة الرابعة من خطوات التطوير ، يجب فى البداية تحديد خوارزمية التعليم. ويرتبط قرار تحديد الخوارزمية بأدوات البرمجيات (Software Tools) المزمع استخدامها كما يجب إتخاذ هذا القرار فى هذه المرحلة لأن تركيب الشبكة وتشكيل البيانات يمكن تعديله ليناسب خوارزمية التعليم وخصوصا فى حالة اختيار البرمجيات كأداة.

ويلى مرحلة الإعداد تحديد العديد من المتغيرات (Parameters) وهى الخطوة الخامسة. وأحد هذه المتغيرات هو الذى يحدد معدل التعليم (Rate Of Learning) كذلك المتغير الخاص بتحديد شكل المخرجات وأيضا القيمة الإبتدائية للأوزان المطلوب استخدامها.

والمهمة الأخيرة فى عملية الإعداد هى تحويل بيانات التدريب والإختبار إلى الشكل الذى تطلبه الشركة وتجهيز الخوارزم الخاص بذلك ، وهى الخطوة السادسة.

١٨ - ٣ - ٤ تدريب الشبكة

تتكون الخطوة السابقة وهى خطوة تدريب الشبكة من تقديم بيانات التدريب للشبكة بغرض تعديل الأوزان حتى يمكن الحصول على المخرجات المطلوبة لكل المدخلات.

وتتم عملية تعديل الأوزان بعد تقديم كل المدخلات ويلزم لذلك إجراء العديد من المحاولات التدريبية المكررة (Iterations) حتى يمكن الحصول على فئة متوافقة من الأوزان والتى يمكن أن تعمل مع كل بيانات التدريب.

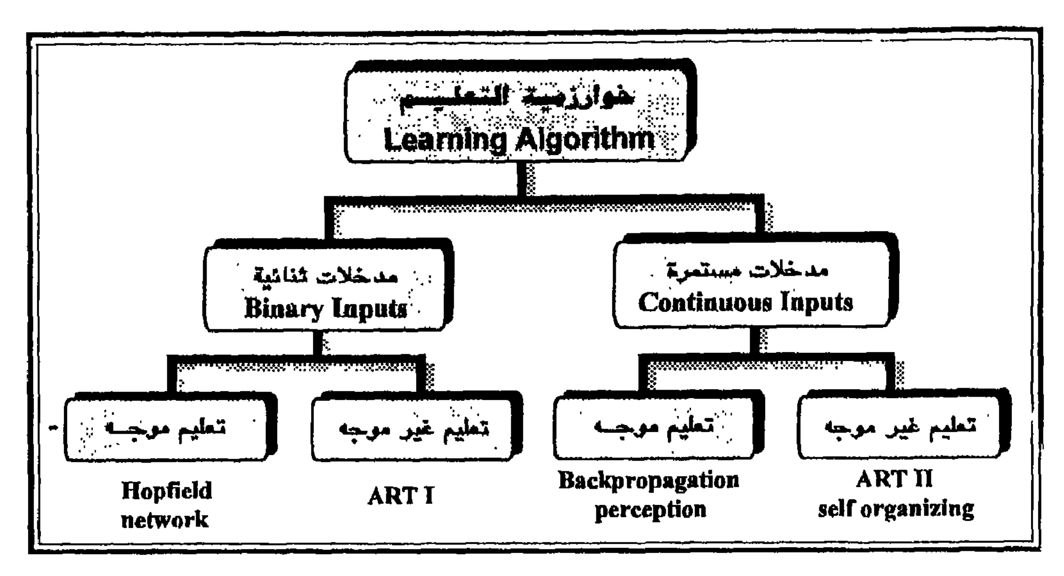
ويتحكم تركيب الشبكة فى زمن التدريب بالإضافة إلى عقد الإدخال (Input Nodes) وعدد الطبقات (Layers) واختيار القيم الإبتدائية لمتغيرات الشبكة. من هنا يظهر مدى الأهمية المطلوبة والحرص فى اختيار العوامل السابقة.

١٨ - ٣ - ٥ خوارزميات التعلم (Learning Algorithms)

من أهم الإعتبارات فى الشبكة العصبية الإصطناعية استخدام خوارزمية التعليم المناسبة. وهناك العديد من هذه الخوارزميات من بينها تم تمييز نوعين رئيسين بناء على شكل المدخلات وهى إما قيم ثنائية (Binary Values) أو قيم متصلة (Continuous). ولكل نوع من المدخلات يمكن استخدام خوارزمية تعليم موجه (Supervised) أو خوارزمية تعليم غير موجه (Unsupervised) ، انظر شكل (١٨ - ٣)

والتعليم الموجه يستخدم مجموعة من المدخلات يكون لها مخرجات مطلوبة ومعروفة. ويستخدم هذا الخوارزم الفرق بين المخرجات المطلوبة والمخرجات الحقيقية فى حساب التعديلات فى أوزان الشبكة. من أمثلة هذا النوع من التعليم الإنتشار الخلفى (Back Propagation) كذلك شبكة (Hopfield).

اما فى حالة التعليم غير الموجه فتكون الشبكة منظمة ذاتيا (Self - Organizing) بمعنى انها تنظم نفسها داخليا بحيث تستجيب كل عناصر المعالجة الخفية إلى كل فئة من المدخلات تبعا لاستراتيجية معينة.



شكل (١٨ - ٣)

ولكن كيف تتعلم الشبكة ؟ نأخذ خلية عصبية مدركة للعملية المنطقية (OR) ونفرض أن المدخلات هى (X1 ، X2) فإذا كان لأى منهما أو لكليهما قيمة موجبة عندئذ تكون النتيجة موجبة ويتضح ذلك كما يلى :

Case	X1	X2	Result (desired)
1	0	0	0
2	0	1	1 (positive)
3	1	0	1 (positive)
4	1	1	1 (positive)

لذلك يجب تدريب الخلية على التعرف على أشكال المدخلات وتمييزها لإعطاء النتيجة الصحيحة. وهذا الإجراء يكون عبارة عن طريقة لتقديم أشكال المدخلات الأربعة حتى يمكن تغيير الأوزان بواسطة الحاسب بعد كل محاولة. وتكرر هذه الخطوة حتى تصل الأوزان إلى القيم الصحيحة التى تسمح للخلية بالتمييز بين المدخلات الأربعة بطريقة صحيحة. والجدول الآتى يوضح هذه النتائج

				Initial				Final	
Step	X1	X2	Z	W1	W2	Y	Delta	W1	W2
1	0	0	0	0.1	0.3	0	0.0	0.1	0.3
	0	1	1	0.1	0.3	0	1.0	0.1	0.5
	1	0	1	0.1	0.5	0	1.0	0.3	0.5
	1	1	1	0.3	0.5	1	0.0	0.3	0.5
2	0	0	0	0.3	0.5	0	0.0	0.3	0.5
	0	1	1	0.3	0.5	0	1.0	0.3	0.7
	1	0	1	0.3	0.7	0	1.0	0.5	0.7
	1	1	1	0.5	0.7	1	0.0	0.5	0.7
3	0	0	0	0.5	0.7	0	0.0	0.5	0.7
	0	1	1	0.5	0.7	1	0.0	0.5	0.7
	1	0	1	0.5	0.7	0	1.0	0.7	0.7
	1	1	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7
4	0	0	0	0.7	0.7	0	0.0	0.7	0.7
	0	1	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7
	1	0	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7
	1	1	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7

ويلاحظ فى النتائج السابقة استخدام الدالة العتبية (Step Function) لحساب مجموع القيم المدخلة. وبعد حساب المخرجات يتم حساب الخطأ أو معدل الإنحراف (Delta) بين المخرجات (Yj) والقيم المطلوبة (Zj) ويمكن بذلك تحديث الأوزان مما يؤدى إلى الحصول على المخرجات الصحيحة. وعند أى خلية (J) يمكن حساب المعامل (Delta) كالآتى :

$$Delta = Z_j - Y_j$$

$$W_i\ (final) = W_i\ (initial) + alpha * delta * X1$$

والمعامل ألفا فى المعادلة السابقة يتحكم فى سرعة عملية التعليم.

١٨ - ٢ - ٦ الإنتشار الخلفى (Back Propagation)

الإنتشار الخلفى للخطأ (Back - Error Prop.) هو أكثر الخوارزميات التعليمية استعمالا لسهولة تطبيقه لأنه لايحتاج إلى بيانات تدريبية لتجهيز وتدريب الشبكة قبل استعمالها لمعالجة بيانات أخرى. والشبكات التى تستعمل خوارزمية الإنتشار الخلفى تحتوى على واحدة أو أكثر من الطبقات الخفية.

وتعمل الشبكة بنظام التغذية الأمامية (Forward Feed) لعدم وجود علاقة بين مخرجات عنصر المعالجة والمدخلات الى العقد (Nodes) فى نفس الطبقة أو الطبقات السابقة. وتقارن المخرجات أثناء التدريب بمجموعة من الأشكال الصحيحة التى يتم تغذيتها من الخارج وتستعمل التغذية العكسية (Feedback) لضبط الأوزان حتى تتماثل مخرجات الشبكة مع الأشكال الصحيحة المعطاة.

ويستخدم الخطأ بين قيم المخرجات الحقيقية والمخرجات المطلوبة فى تصحيح الأوزان للطبقة السابقة ويستخدم لذلك العلاقة

$$Delta = (Z_i - Y_i) * \frac{df}{dx}$$

$$f = [1 + \exp(-x)]^{-1}$$

Where X is proportional to the Sum of the weighted inputs to that neuron

So,

$$\frac{df}{dx} = f(1-f)$$

and the error is

$$Delta = (Z_i - Y_i) * f(1-f)$$

والمعادلة الأخيرة هى علاقة مباشرة بين المخرجات المطلوبة والحقيقية. والإجراء المتبع دائما فى تنفيذ خوارزمية التعليم هو إعطاء قيم عشوائية إبتدائية للأوزان والمتغيرات الأخرى ثم تقرأ مصفوفة المدخلات والمخرجات المطلوبة يلى ذلك حساب المخرجات الفعلية للطبقة ثم

تغير الأوزان بالحساب الخلفى من طبقة المخرجات إلى الطبقة الخفية. ويتكرر هذا الإجراء لكل مصفوفات المدخلات حتى تتوافق المخرجات الحقيقية مع المخرجات المطلوبة.

والوقت اللازم لحساب محاولة تكرارية واحدة (One Iteration) يكون كبيرا لذلك تحتاج الشبكة الكبيرة إلى وقت كبير لعملية التدريب مما أدى إلى فتح باب البحث لتطوير خوارزميات تساعد فى تحسين وقت التدريب.

١٨ - ٣ - ٧ الاختبار (Testing)

فى الخطوة الثانية من خطوات التطوير تقسم البيانات المتاحة إلى بيانات تدريب وبيانات اختبار. وبانتهاء عملية التدريب تبدأ عملية الإختبار. وتهدف هذه العملية إلى اختبار أداء الشبكة وذلك باستخدام الأوزان المستنتجة من مرحلة التدريب كذلك قياس مدى قدرة الشبكة على حساب المخرجات الصحيحة باستخدام بيانات التدريب. وأول هذه الاختبارات الصندوق الأسود (Black - Box).

ونتائج الاختبار عادة لاتكون مثالية ولكن ينتظر منها تحقيق قدر معين من الجودة. ودائما ماتكون تطبيقات الشبكة العصبية بديلا لطريقة أخرى تستخدم بدورها كنموذج قياسى لأداء الشبكة. على سبيل المثال يمكن للطرق الإحصائية (Statistical Techniques) التمييز الصحيح للمدخلات (٧٠٪) من الوقت واستخدام الشبكات العصبية كبديل لهذه الطرق الإحصائية يحسن هذه النسبة. وفى حالة إحلال الشبكة العصبية محل العمليات اليدوية يستخدم مستوى أداء معالجة الإنسان كنموذج قياسى لمدى نجاح مرحلة اختبار الشبكة العصبية ويجب أن تحتوى خطة الإختبار على حالات نمطية (Routine Cases) وحالات خاصة من اختبار حدود النطاق (Boundaries) الخاص بالمشكلة لاحتمال حدوث إنحراف كبير عند هذه الحدود وفى هذه الحالة يجب إعادة عملية التدريب والاختبار.

ومن الطرق الأخرى للإختبار إجراء تحليل إحصائى للأوزان للبحث عن قيم كبيرة غير عادية تعبر عن زيادة تدريب (Overtraining) أو أوزان صغيرة غير عادية تعبر عن عقد (Nodes) غير ضرورية كذلك فإن بعض الأوزان التى تمثل عوامل رئيسية فى مصفوفة المدخلات يمكن اختيارها واختبارها للتأكد من الإستجابة الملائمة للمخرجات المناظرة.

١٨ - ٣ - ٨ التنفيذ (Implementation)

فى الخطوة التاسعة والتى يتم فيها تنفيذ الشبكة العصبية الإصطناعية تظهر الحاجة إلى وصلات (Interfaces) مع نظم معلومات مبنية على الحاسب وتدريب للمستخدمين (Users). ويحتاج تحسين النظام إلى الملاحظة الدائمة والتغذية العكسية بين المطورين لضمان النجاح على المدى الطويل.

وإذا كانت الشبكة العصبية الإصطناعية جزءا من نظام أكبر فهى تحتاج إلى وصلات مع نظم المعلومات الأخرى وأجهزة الإدخال والإخراج (I/O Devices) والتشغيل اليدوى للمستخدمين. وتعتبر عمليات التوثيق (Documentation) وتدريب المستخدمين من الأساسيات المطلوبة لضمان نجاح التكامل فى العمليات الرئيسية كذلك يجب التخطيط لتحديث عمليات التدريب وعمل دورات تدريبية منتظمة لإعادة التدريب على الشبكة وذلك لزيادة القدرة على التعرف وكذلك دراسة الحالات الجديدة التى يتم اكتشافها أثناء ظروف التشغيل العادية.

وتعد عمليات التقييم (Evaluation) الدورية لأداء الشبكة من العمليات التى نضمن بها الأخذ فى الإعتبار التغييرات البيئية المستمرة وإزالة أخطاء التشغيل (Bugs) التى قد تتطلب بعض التغييرات فى الشبكة أيضا يفضل إجراء بعض التحسينات (Enhancements) بعد أن يصبح المستخدم أكثر تآلفا مع النظام.

وفيما يلى ملخص للقرارات التى يجب إتخاذها أثناء بناء الشبكة العصبية الإصطناعية :

- حجم بيانات التدريب والإختبار.
- خوارزميات التعليم.
- عناصر المعالجة وتوزيعها فى طبقات فيما يعرف بالتضاريس أو طوبولوجية الشبكة.
- دالة التحويل.
- معدل التعليم فى كل طبقة.
- أدوات الكشف والتحقيق.

والمواصفات المبنية على هذه القرارات يطلق عليها الشكل البيانى للشبكة (Network's Paradigm).

١٨ - ٣ بعض نماذج الشبكات العصبية الإصطناعية

هناك عدة نماذج للشبكات العصبية الإصطناعية منها شبكة هوبفيلد وشبكة بولتزمان وسيتم شرح هذين النموذجين فى الجزء التالى.

١٨ - ٣ - ١ نموذج هوبفيلد (J. Hopfield)

فى عام ١٩٨٢ نشر جون هوبفيلد أستاذ الكيمياء والبيولوجيا بمعهد كاليفورنيا ورقة علمية كان لها أبعد الأثر على الأوساط العلمية المهتمة بالشبكات العصبية الإصطناعية. فقد بين هوبفيلد فى ورقته تلك أن شبكات الترابط الذاتى (Auto associative) تتمتع بخاصيتين هامتين وهما :

- توجد لهذه الشبكات حالات إستقرار لابد وأن تستقر فيها فى نهاية المطاف وأيا كانت الحالات الإبتدائية لها.
- يمكن بناء حالات الإستقرار تلك بتغيير أوزان الترابطات بين وحدات تلك الشبكات أو بتغيير عتبات إستثارتها.

وتتكون الشبكة القائمة على نموذج هوبفيلد من مجموعة من وحدات أو عناصر المعالجة الأولية (الخلايا العصبية الإصطناعية) التى تتميز بوضع إستثارة (S) ثنائى القيمة. حيث تكون قيمته ١ فى حالة إنطلاق الوحدة (Firing) وصفر فى حالة عدم إنطلاقها (خمودها). كما تتميز كل وحدة بعتبة إنطلاق (t). وتتكون دالة الإستثارة لهذه الشبكة من :

★ قاعدة إستثارة لحساب المدخل الكلى X_i لكل وحدة

$$X_i = \Sigma S_i . W_{ij}$$

حيث (S_i) هو وضع إستثارة الوحدة (i) (أو مخرجها)
و (W_{ij}) هو وزن الترابط بين الوحدتين (i) و (j)

★ دالة الحد الفاصل كدالة إخراج

$$S_i = 1 \text{ if } X_i > t_i$$
$$S_i = 0 \text{ if } X_i < t_i$$

كما تتمتع ترابطات هذه الشبكة بخاصية التماثل (Symmetric) بمعنى أن شدة الترابط بين وحدتين (i) و (j) لاتتوقف على الإتجاه ، أى أن

$$W_{ij} = W_{ji}$$

ويعنى الوزن الموجب بين وحدتين أن كلا منهما تميل إلى إستثارة الأخرى. بينما يعنى الوزن السالب بين وحدتين إتجاه الوحدة النشطة إلى إخماد الوحدة الأخرى ، أى أنه ترابط كابح.

والخاصية الرئيسية لهذه الشبكة والمميزة لها هى إفتراض وجود كمية تعبر عن حالة الشبكة ككل (الحالة الجمعية). وقد أطلق هوبفيلد على تلك الكمية إسم " طاقة الشبكة " (U). وتحسب تلك الكمية بدلالة كل من : أوضاع إستثارة الوحدات المكونة لها (S_i) ، (S_j) ، شدة الترابطات فيما بينها (W_{ij}) ، عتبات إنطلاق كل وحدة (t_i) ، وذلك طبقا للمعادلة التالية :

$$U = -\tfrac{1}{2} \Sigma_i \Sigma_i W_{ij}.S_i.S_j + \Sigma_i S_i . t_i$$

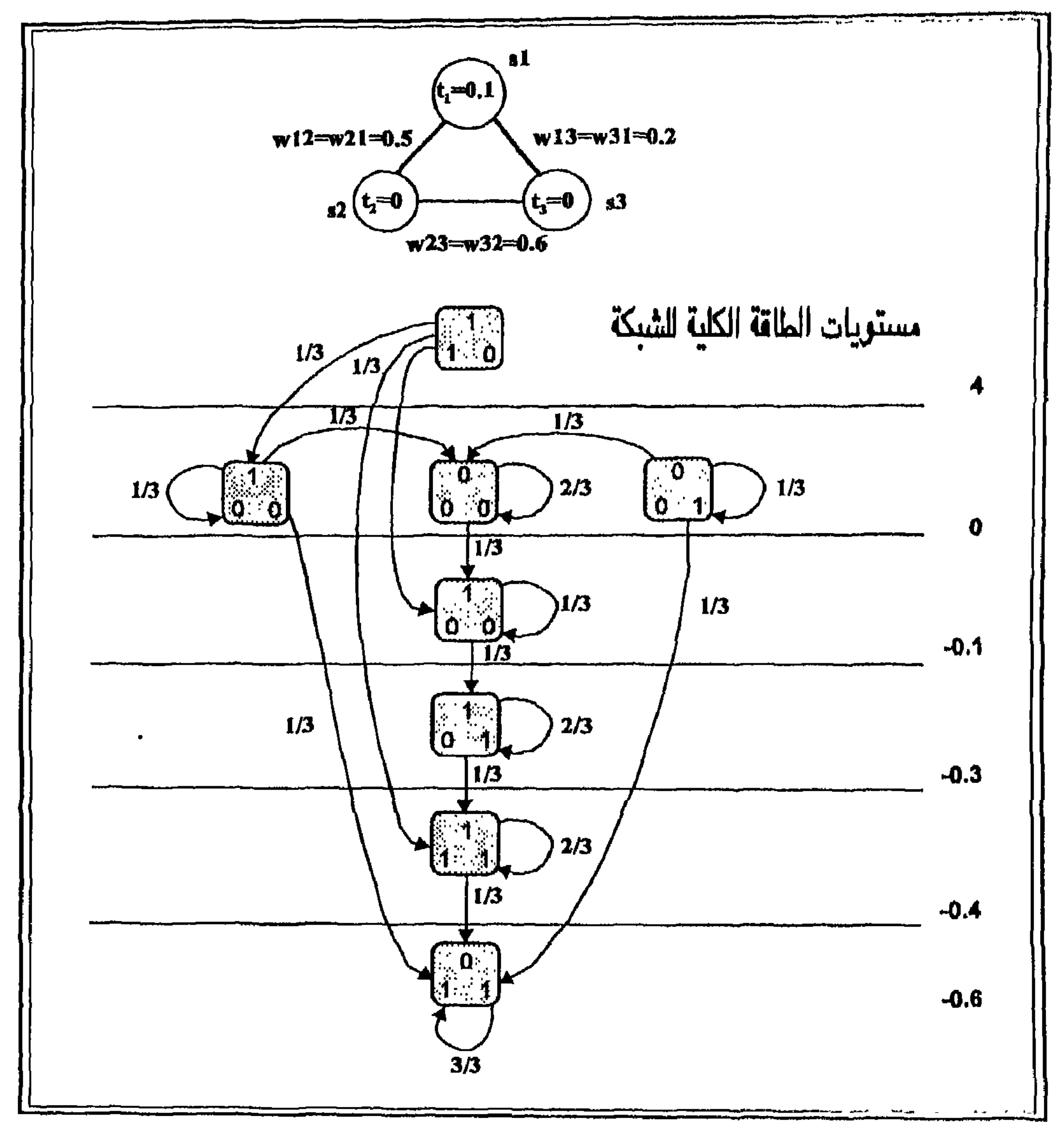
ويتضح من هذه المعادلة أن الفرق فى الطاقة الكلية للشبكة فى حالة خمود الوحدة (i) وطاقتها فى حالة إنطلاق تلك الوحدة هو :

$$U_{i.off} - U_{i.on} = \Delta U_i = \Sigma_i S_i . W_{ij}$$

وطبقا لما أثبته هوبفيلد فإن تلك الشبكات تسعى لبلوغ حالات الإستقرار التى تأخذ فيها طاقة الشبكة أدنى قيمتها. فإذا كان التغير فى طاقة الشبكة (Ui) موجبا فإن الوحدة (i) سيتعين عليها الإنطلاق أو البقاء فى حالة الإنطلاق حتى تتدنى قيمة الطاقة الكلية للشبكة. أما إذا كان هذا الفرق سالبا فإن على الوحدة (i) أن تخمد أو تبقى فى حالة خمود.

ويوضح الشكل (١٨ - ٤) نموذجا مبسطا لشبكة هوبفيلد تتكون من ثلاث وحدات أولية. كما يوضح إنتقالات (State Transitions) لها والناشئة من تغير وضع الإستثارة لكل وحدة من وحداتها واحتمالات حدوث تلك الإنتقالات. ويتضح أيضا من الشكل أن الشبكة تنتقل من حالة إلى

حالة أخرى لها نفس الطاقة أو طاقة أدنى. وفى نهاية المطاف تستقر على الحالة التى تكون طاقتها أدنى مايمكن (وهو مايعرف ببئر الطاقة). ويمكن تشبيه هذا الأمر بتدحرج جسم ما فوق منحدر إلى أن يسكن تماما عند أكثر الأماكن إنخفاضا أنظر شكل (١٨ - ٥).



شكل (١٨ - ٤)

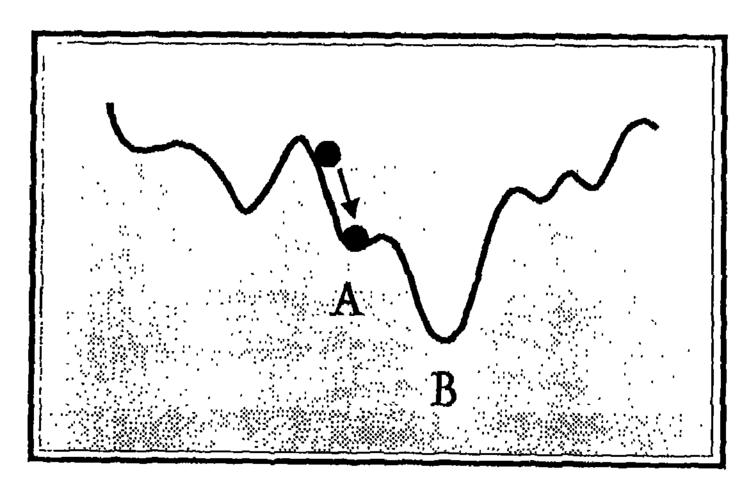
وتتمتع شبكة هوبفيلد بمجموعة من الخصائص الهامة مثل :

- التمثيل الموزع للمعلومات ، حيث يتم تمثيل المعرفة كنسق إستثارة لوحداتها. هذا بالإضافة إلى إمكانية تراكم المعارف المختزنة فوق بعضها البعض باستخدام أنساق مختلفة لنفس وحدات الشبكة.

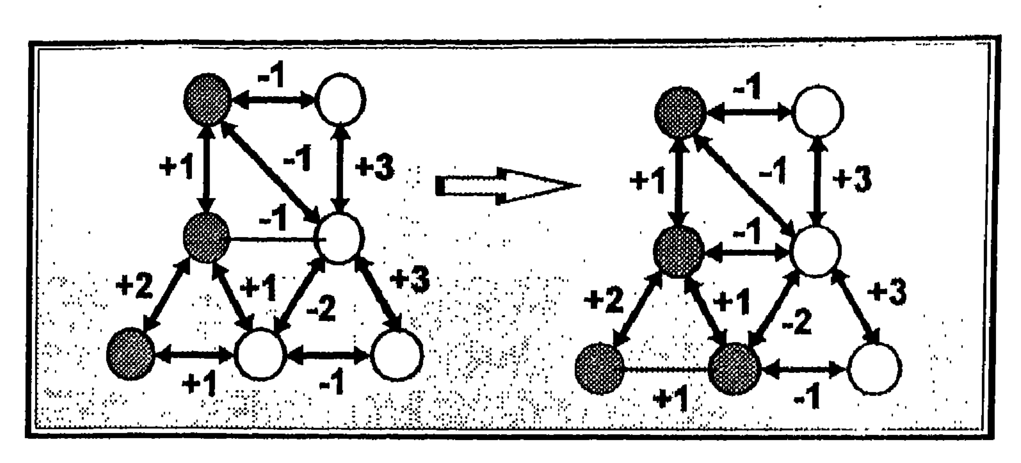
- التحكم الموزع واللاامتزامن (Distributed Asynchronous Control) ، حيث تتخذ كل وحدة قرارها بأن تنشط أو تخمد إنطلاقا من ظروفها المحلية (طبيعة ترابطاتها وأوضاع الوحدات المتصلة بها). هذا بالإضافة إلى إسهام تلك الأنشطة المحلية فى تقرير حالة الشبكة ككل.

- الذاكرة المعنونة بالمحتوى (Content-Addressable Memory) ، حيث يمكن تخزين العديد من الأنساق على هيئة حالة إستقرار. ويمكن إسترجاع تلك الأنساق بتحديد جزء منها فقط للشبكة. ويتم هذا بتحديد أوضاع إستثارة لبعض وحدات الشبكة التى تمثل جزءا من النسق المطلوب استرجاعه لتقوم الشبكة بعد ذلك ، وبطريقة تلقائية ، بالبحث عن وضع الإستقرار الذى يمثل هذا النسق ، ويوضح الشكل (١٨ - ٦) مثالا لهذه الخاصية.

- تجاوز الهفوات (Fault Tolerance) ، حيث يمكن للشبكة أن تستمر فى أداء مهامها بطريقة مقبولة إن فسد سلوك بعض وحداتها أو فى حالة تدمير بعض هذه الوحدات.



شكل (١٨-٥)



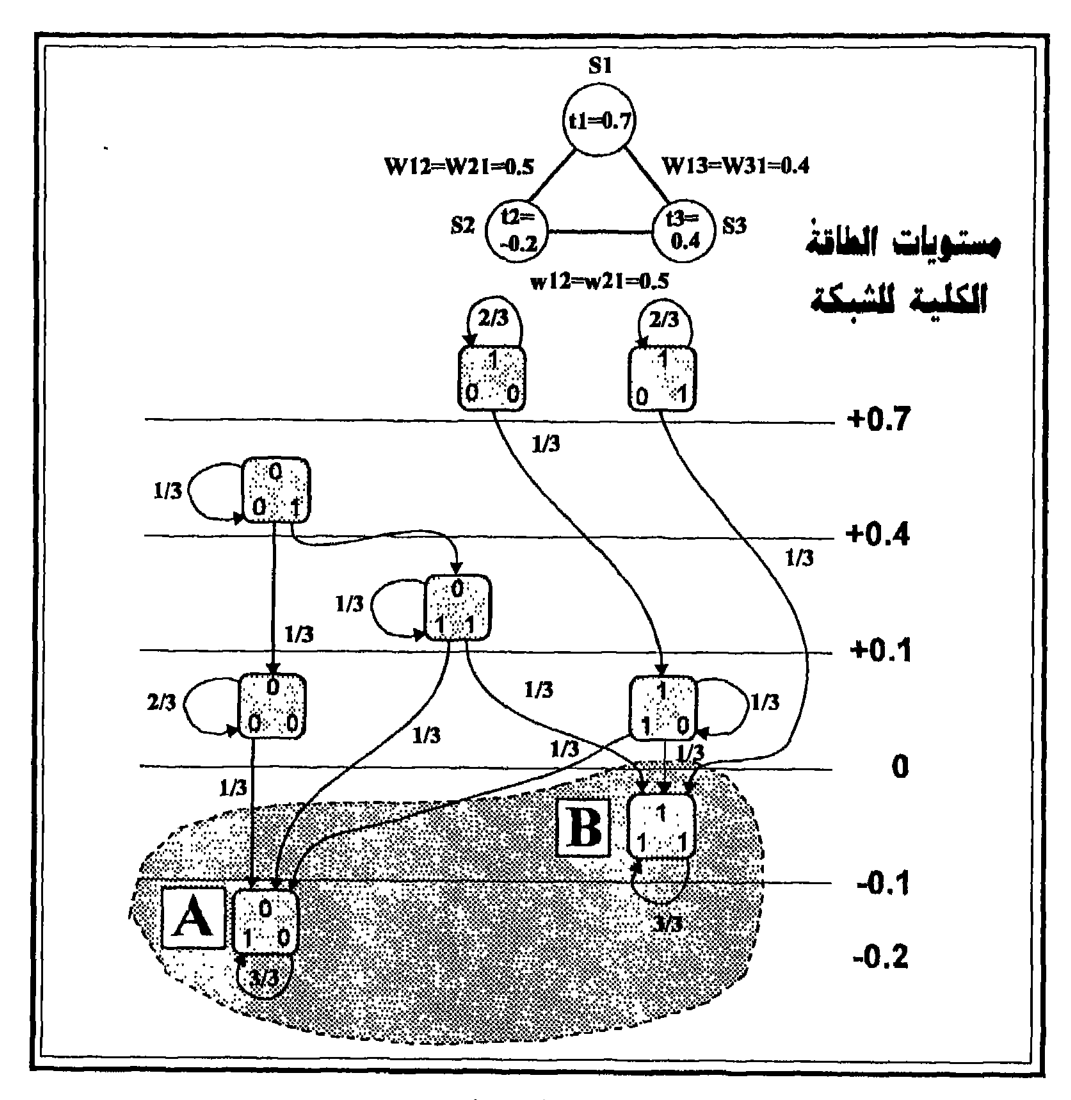
شكل (١٨ - ٦)

ويتم بناء الأوضاع المستقرة (آبار الطاقة) للشبكة إما بحساب أوزان الترابطات بين وحداتها وعتبات الإستثارة لتلك الوحدات التى تدنى الطاقة الكلية للشبكة إلى أقصى قيمة ممكنة ، أو بتدريب الشبكة على فعل ذلك بنفسها باستخدام إحدى قواعد التعلم المعرفة. فعلى سبيل المثال إذا طلب إنشاء حالتى إستقرار (بئرى طاقة) للشبكة الموضحة فى الشكل (١٨ - ٧) وذلك عند الوضعين التاليين :

A - الوحدة ١ خامدة ، الوحدة ٢ نشطة ، الوحدة ٣ خامدة. أى الوضع (010).

B - الوحدة ١ نشطة ، الوحدة ٢ نشطة ، الوحدة ٣ نشطة. أى الوضع (111).

فإنه ينبغى مراعاة القيود التى يفرضها هذان الوضعان على كل من أوزان الترابطات وعلى عتبات تنشيط كل وحدة. هذا بالإضافة إلى ضرورة أن تحقق القيمة المحسوبة لكل من الأوزان والعتبات شروط الإستقرار التى يتطلبها كل من الوضعين (A , B) وذلك فى نفس الوقت. ويمكن بعد إجراء بعض الحسابات البسيطة باستخدام المعادلات ١ , ٢ , ٣ , ٤ التوصل إلى قيم كل من الأوزان والعتبات التى تحقق هذه الشروط وهى الموضحة فى الشكل (١٨ - ٧). كما يوضح الشكل إنتقالات الحالة لتلك الشبكة.



شكل (١٨ - ٧)

ومن التطبيقات الهامة للشبكات العصبية المبنية على أساس نموذج هوبفيلد هـو استخدامها فـى حـل مشاكل الأمثلة (Optimization). وهـى المشاكل التـى تتعلـق بإيجـاد أفضـل الحـلول الممكنة لمسألة ما وذلك تحت شروط معينة. ومـن أشهـر تلك المشاكـل وأصعبهـا حل مشكلـة " البائع المتجول " (Traveling Salesman) التى يمكن صياغتها على الصـورة التاليـة : يرغـب بائع متجول فى القيام بجولة مبيعات يزور فيها عددا معينا من المـدن وذلـك إنطلاقـا مـن مدينـة معينة وإنتهاءا بها ، بحيث لايزور المدينة الواحدة أكثر من مرة. وهو يأمـل فـى إيجـاد ترتيب (خط سير) لزيارة هذه المدن يقلل من المسافة التى يقطعها إلى أقصى حد ممكن. وحل هذه

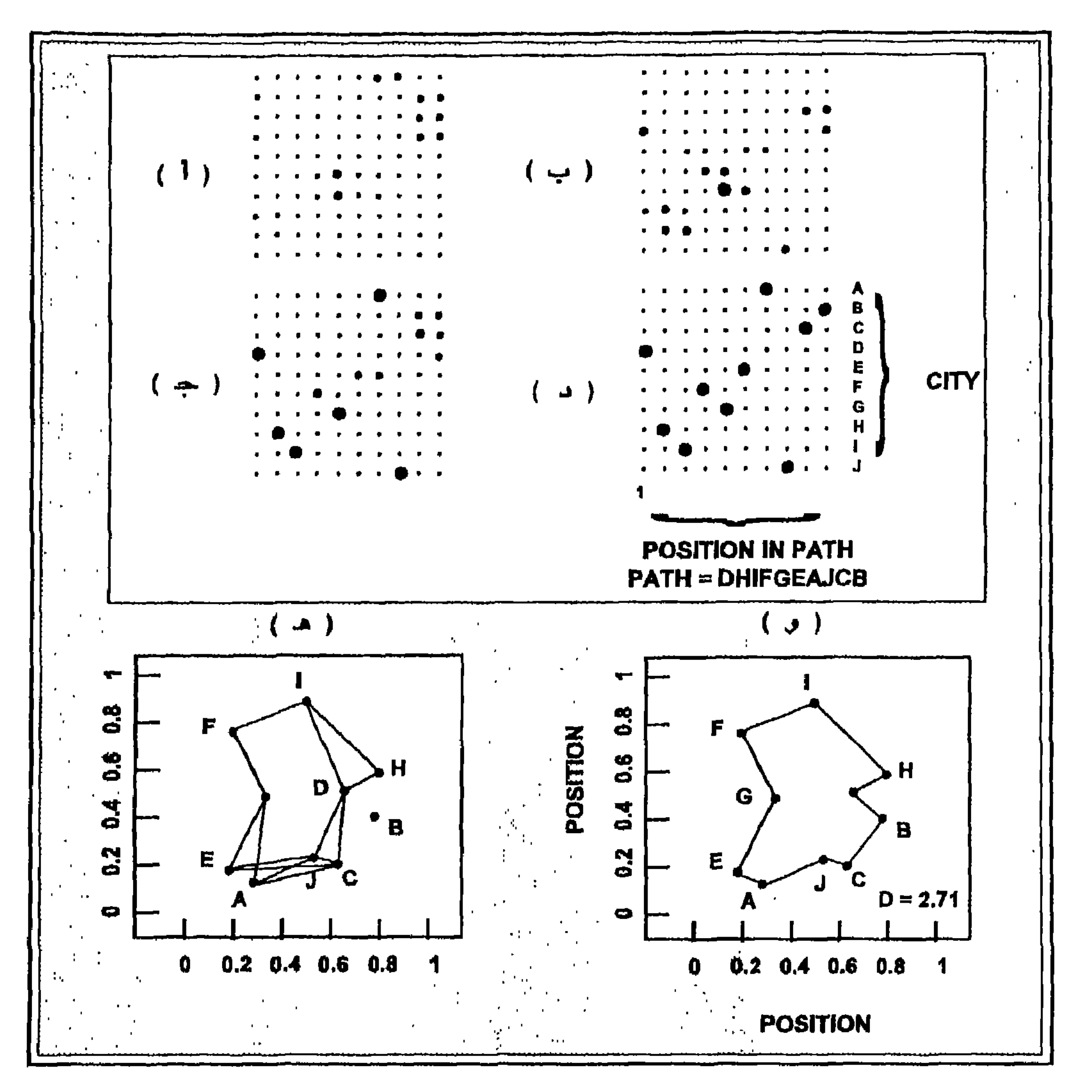
المسألة ليس بالسهولة التى قد تبدو للوهلة الأولى. فإيجاد هذا الحل بالأسلوب التقليدى وباستخدام الحاسب العملاق (CRAY 2) الذى يمكنه القيام بـ $١٠^{٩}$ عملية حسابية ومنطقية فى الثانية الواحدة ، يتطلب هذا الحل ٤ ميلى ثانية فى حالة عشرة مدن و ٢١ دقيقة فى حالة ١٥ مدينة و ٧٧ سنة فى حالة ١٨ مدينة. أما إذا ارتفع عدد المدن إلى ٣٠ مدينة فإن الحل يمكن ايجاده فى ٩×١٠^{١٥} سنة ... وقد أمكن بناء شبكة عصبية إصطناعية تجريبية مكونة من ١٠٠ خلية عصبية إصطناعية لحل هذه المشكلة فى حالة عشر مدن. ويوضح الشكل (١٨ - ٨) كيفية تمثيل البيانات المتعلقة بهذه المشكلة بينما يوضح الشكل (١٨ - ٩) الحل الذى توصلت إليه الشبكة فى زمن لم يتجاوز $١٠^{-٥}$ من الثانية.

PO ترتيب الزيارة

المدينة CITY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
J	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

TOUR: G B J A D H C F I E خط السير الموضح

شكل (١٨ - ٨)



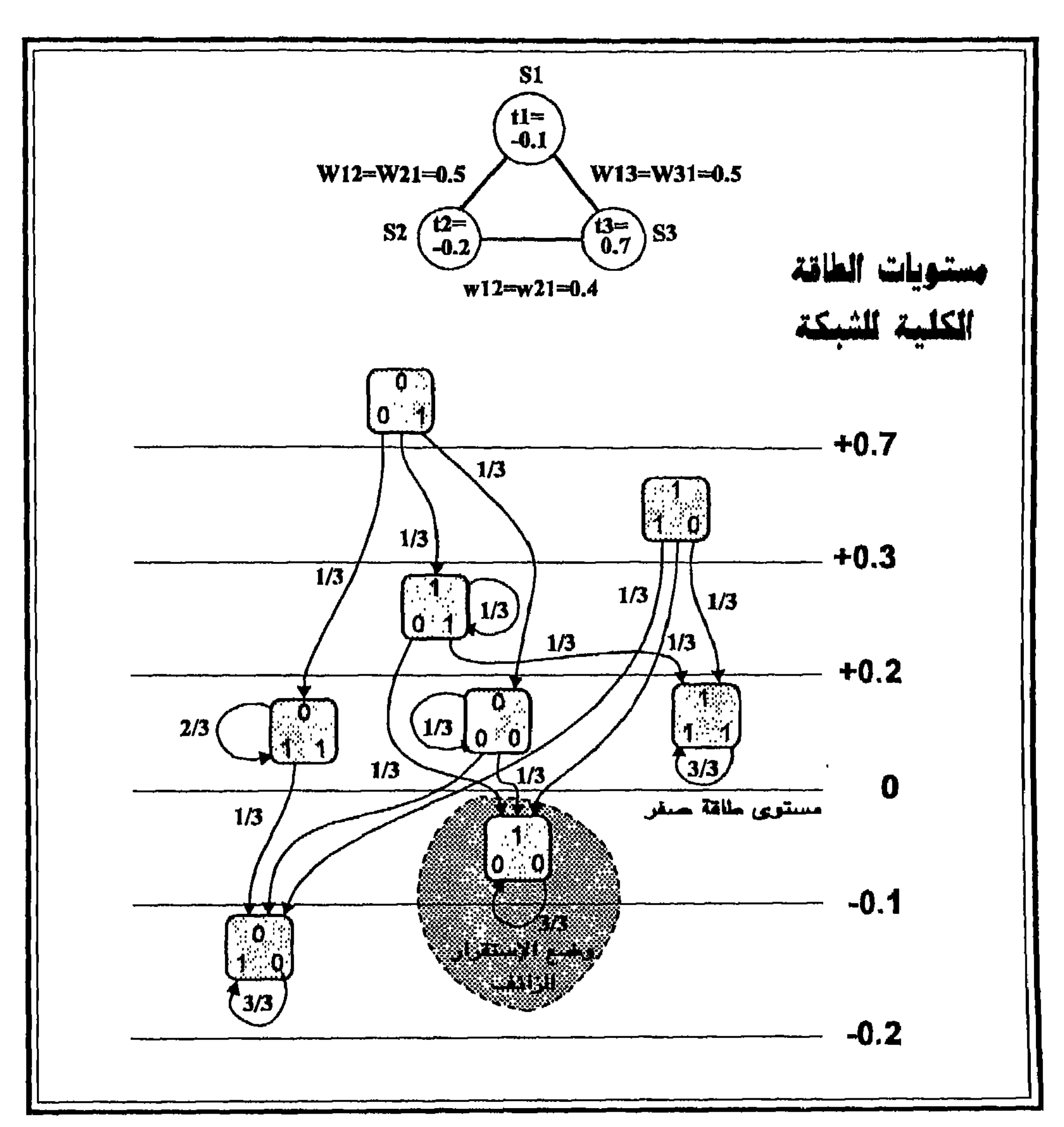
حل مسألــة " البائع المتجول الذى توصـــلت إليه شبكــة هوبفيلــد " حيث تمثــل (ا ب - جـ) أوضاع الإستقرار المرحلية للشبكة قبل إسترخائها فى وضع الإستقرار النهائى و(د) تمثل الحل. وتمثل (هـ) خطوط السير المقابلة للأوضاع المرحلية بينما تمثل (و) خــط السيــر النهائى.

شكل (١٨ - ٩)

١٨ - ٣ - ٣ نموذج بولتزمان

على الرغم من النجاح الذى حققته الشبكات العصبية المبنيــة علــى أساس نمــوذج هوبفيلــد فى حل مشاكل معقدة مثل مشاكل الأمثلة وغيرها بطريقة فعالة ، إلا أنهـا عــانت مــن بعــض أوجــه

القصور التى حدث من هذه الفعالية. ومن أبرز أوجه القصور تلك مشكلة أوضاع الإستقرار الزائفة (False Wells) التى تستقر الشبكة فى أحدها على الرغم من كونها ليست واحدة من الأوضاع المرغوبة. فعلى سبيل المثال لو أعطيت بارمترات شبكة عصبية هوبفيلدية القيم التالية الموضحة بالشكل (١٨ - ١٠)



شكل (١٨ - ١٠)

مخطط لشبكة هوبفيلد يوضح وضع إستقرار زائف

$$W_{12} = -0.5 , W_{13} = 0.5 , W_{23} = 0.4$$
$$t_1 = -0.1 , t_2 = -0.2 , t_3 = 0.7$$

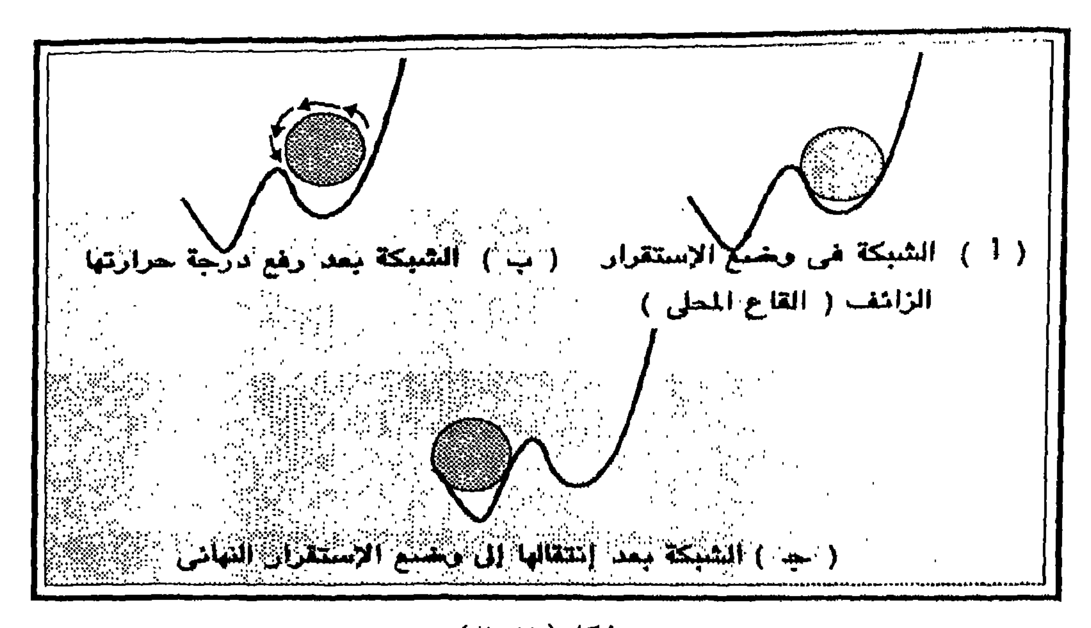
لوجدناها تسترخى إلى وضعى الإستقرار التاليين :

الوضع الأول A (010) وهو وضع مرغوب ومطلوب من الشبكة الإستقرار فيه.
الوضع الثانى (100) وهو وضع ليس مرغوبا فيه ومن ثم يطلق عليه وضع الإستقرار الزائف.

وتستشرى هذه المشكلة بازدياد عدد وحدات المعالجة العصبية التى تكون الشبكة ويزداد احتمال استرخائها (Relaxation) فى وضع أو أكثر من أوضاع الإستقرار الزائفة التى تعرف أيضا بالـ " القيعان المحلية " (Local Minima). ولحل هذه المشكلة استخدم هنتون وسنوفسكى (G.Hinton & T. Sejnoweski (١٩٨٦) مفهوم درجة الحرارة (Temperature) المقتبس من الفيزياء فى تخليص الشبكات العصبية الهوبفيلدية من أى قاع محلى (أو وضع إستقرار زائف) تكون قد استقرت فيه ودفعها للبحث عن الإستقرار فى قاع أخرى مرغوبة. ودرجة حرارة منظومة ما (غاز على سبيل المثال) ، وكما أوضح عالم الفيزياء النمساوى بولتزمان (L. Boltzmann) فى نهاية القرن التاسع عشر ، ليست إلا مؤشرا لمتوسط طاقة الحركة العشوائية لجزيئات هذه المنظومة. لذا يؤدى رفع درجة حرارة الشبكة إلى مدها بالطاقة الحركية اللازمة لتنتقل من وضع إستقرار محلى (قاع محلى) إلى وضع أكثر إستقرارا وذلك كما يتضح من الشكل (١٨ - ١١). والسؤال الآن هو كيفية استخدام مفهوم درجة الحرارة فى معمار شبكة هوبفيلد ... ؟. وقد أجاب هنتون ورفاقه على هذا السؤال باستخدام دالة عتبية جديدة بدلا من دالة الحد الفاصل التى تتميز بها وحدات المعالجة العصبية لشبكة هوبفيلد. وتأخذ هذه الدالة التى تعرف بدالة إحتمال الإنطلاق البولتزمانية (Boltzmann Firing Probability Function) الصورة التالية :

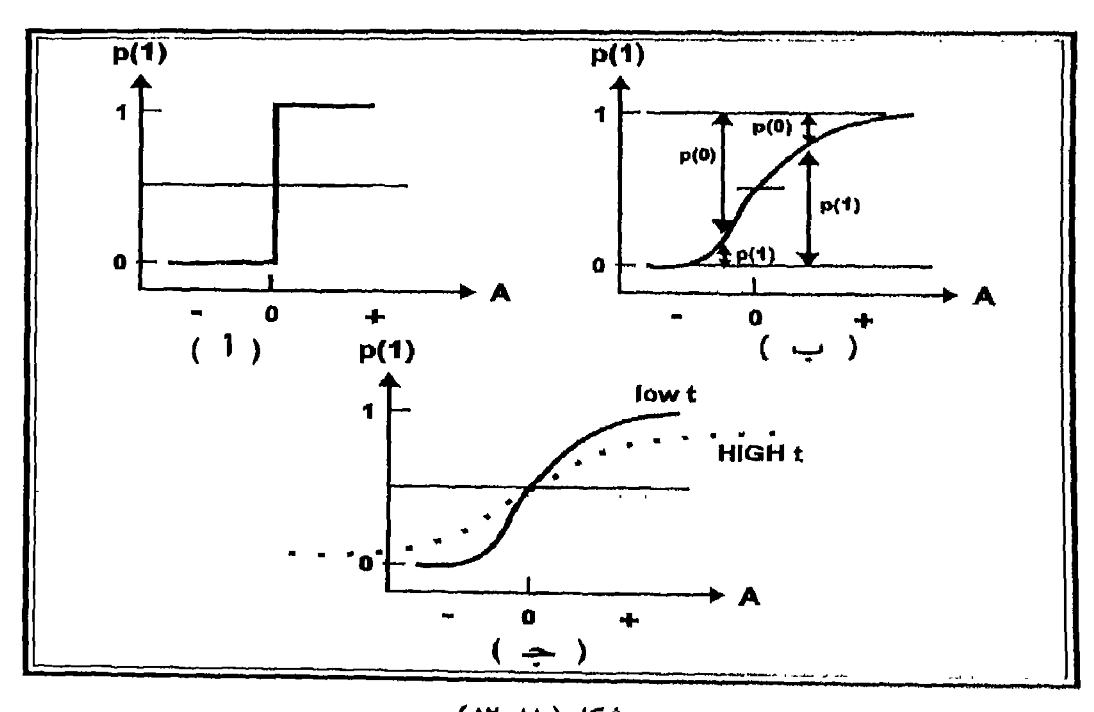
$$p(1) = \frac{1}{[1 + \exp(-A/T)]}$$

أنظر الشكل (١٨ - ١٢)



شكل (١٨ - ١١)

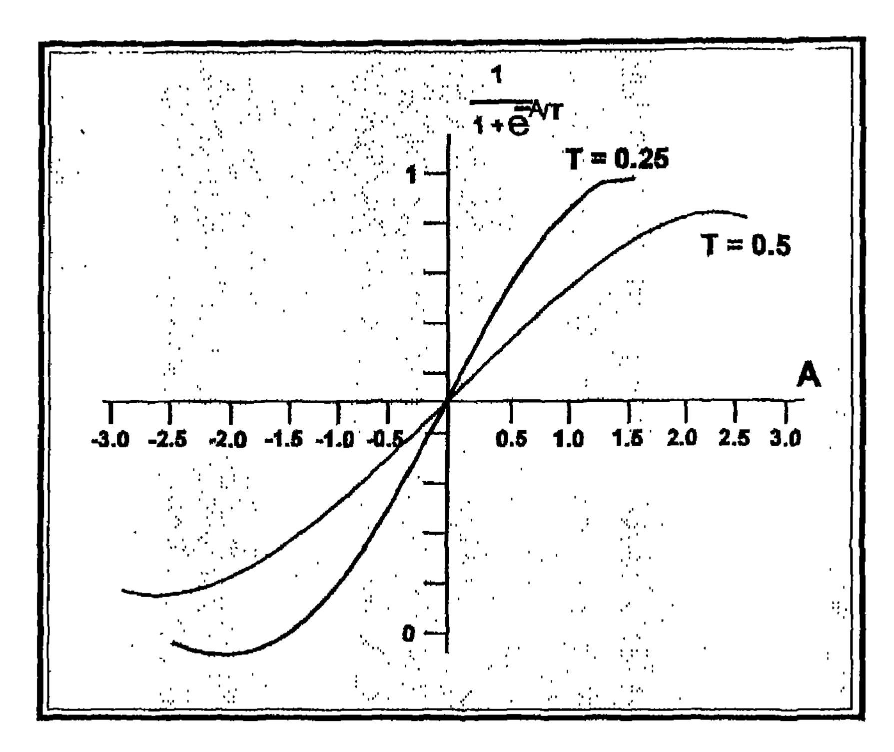
تشبيه ديناميكى لتأثير رفع درجة الحرارة على إنتقالات الحالة لشبكة هوبفيلد



شكل (١٨ - ١٢)

تأثير استخدام درجة الحرارة فى الدالة العتبية لإنطلاق وحدة المعالجة العصبية.
(أ) دالة الحد الفاصل التقليدية (ب ، جـ) دالة إحتمال الإنطلاق البولتزمانية.

وهى تعبر عن إحتمال إنطلاق وحدة المعالجة العصبية التى طاقة إستثارتها هى A حيث T هى درجة حرارة الشبكة. ويوضح الشكل (١٨ - ١٣) سلوك هذه الدالة عند درجات حرارة مختلفة.



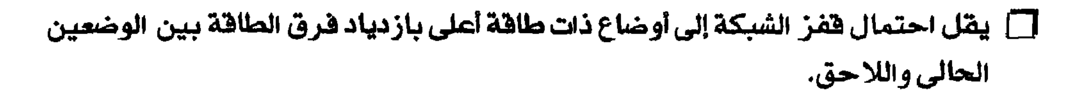
شكل (١٨ - ١٣)

دالة إحتمال الإنطلاق البولتزمانية عند درجات حرارة مختلفة

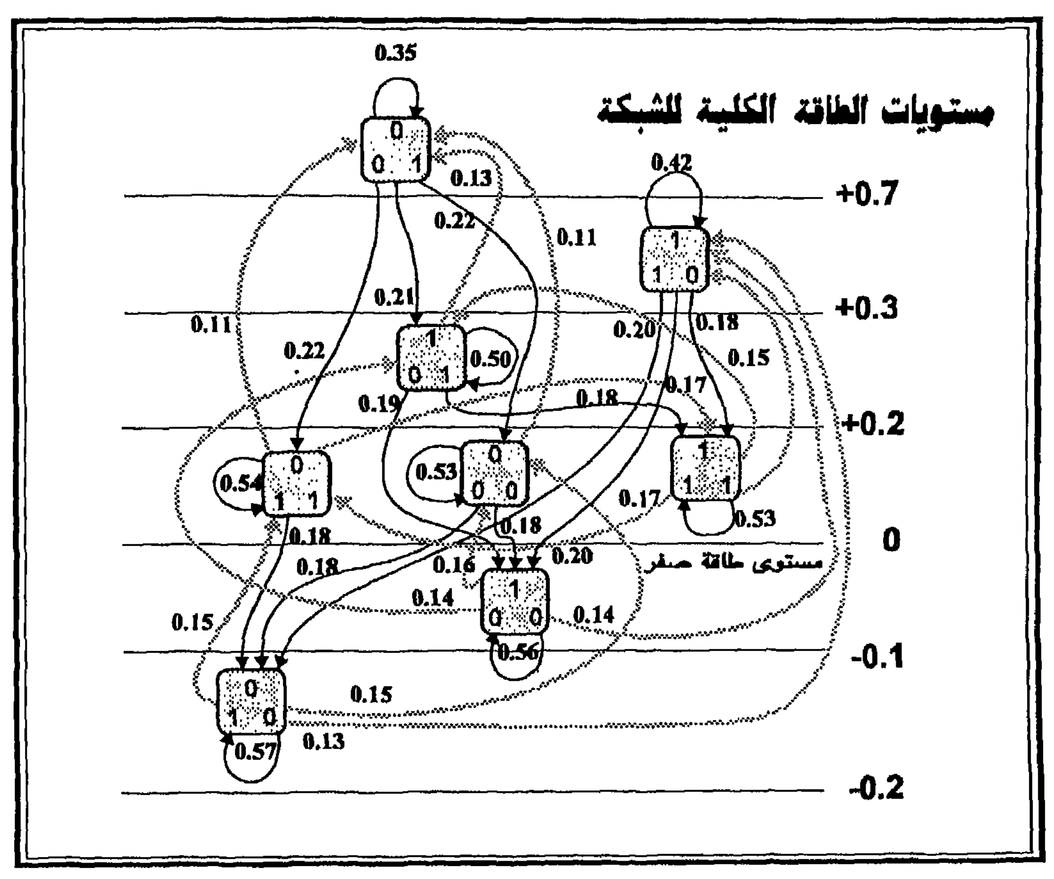
وقد تم استخدام هذه الدالة فى دراسة إنتقال حالات شبكة هوبفيلد الموضحة فى الشكل (١٨ - ١٠) وذلك عند درجة حرارة قدرها ١. ويوضح الشكل (١٨ - ١٤) هذه الإنتقالات واحتمالاتها. ومن الجدير ملاحظته مايلى :

- يسمح استخدام درجة الحرارة فى معمار الشبكات المبنية على أساس نموذج هوبفيلد بانتقالات حالة تقفز فيها الشبكة من وضع استقرار ذى طاقة منخفضة إلى وضع استقرار ذى طاقة مرتفعة. فعلى سبيل المثال يمكن للشبكة وهى فى الوضع (010) ذى الطاقة المنخفضة (0.2-) أن تنتقل إلى أوضاع أخرى مرتفعة الطاقة مثل الوضع (000) والوضع (011) ذوى الطاقة صفر وذلك باحتمال قدره (0.15).

- ☐ يـزداد احتمـال انتقـال الشبكة إلـى أوضـاع ذات طاقـة أقـل بازديـاد فـرق الطاقـة بيـن الوضعين الحالى واللاحق.



- ☐ يقل احتمال قفز الشبكة إلى أوضاع ذات طاقة أعلى بازدياد فرق الطاقة بين الوضعين الحالى واللاحق.



مخطط إنتقالات الحالة لشبكة بولتزمان (شبكة هوبفيلد الموضحة فى الشكل (١٨ ٧) عنـد درجـة حـرارة ١). وتوضـح الأسـهم العريضـة إنتقـالات الحـالـة الناشـئة مـن تسخيـن الشبكـة والأرقـام الموجـودة علـى الأسهـم هـى إحتمـالات الإنتقـالات.

شكل (١٨ - ١٤)

١٨ - ٤ برمجة الشبكات العصبية

تتم عملية برمجة الشبكات العصبية الإصطناعية إما باستخدام لغة برمجة مثل لغة (C) أو باستخدام أداة (Tool) مثل الجداول الإلكترونية (Spreed Sheets) أو بالإثنين معا. والجزء الأكبر من عملية البرمجة يتناول خوارزميات التدريب ودوال الإنتقال أو التحويل (Transfer Functions) ودوال الجمع (Summation Functions). لذلك كان من الطبيعى إستخدام أدوات تطوير يمكن بواسطتها برمجة هذه العملية الحسابية القياسية. وبرمجة الشبكات العصبية ليست عملية بسيطة حتى باستخدام أدوات التطوير وخاصة عند الحاجة لبرمجة شكل قاعدة البيانات حتى تقوم بتجزئة البيانات إلى فئة تدريب وفئة اختبار ونقل البيانات إلى الملفات المناسبة لعملية الإدخال للشبكة. ومعظم أدوات التطوير يمكنها مساندة العديد من الأشكال البنائية للشبكات (Paradigms) وتعتمد معظم هذه الأدوات على الجداول الإلكترونية. وبعضها مصمم للعمل مع النظم الخبيرة (ES).

١٨ - ٥ المكونات المادية للشبكات العصبية

معظم التطبيقات الحالية للشبكات العصبية الإصطناعية تشتمل على المحاكاة بالبرمجيات (Software Simulation) والتى يمكن تشغيلها على المعالجات التتابعية (Sequential Processors) المعتادة. ومحاكة شبكة عصبية يعنى رياضيا تحديد العقد (Nodes) والأوزان الخاصة بها. لذلك بدلا من استخدام وحدة معالجة مركزية (CPU) واحدة لكل خلية عصبية تستخدم وحدة المعالجة المركزية لكل الخلايا وهذه المحاكاة ربما تأخذ وقت معالجة أطول.

وقد أسهم التقدم التقنى فى تصنيع المكونات المادية (Hardware) فى تحسين أداء نظم الشبكات العصبية المستقبلية والتى سوف تستخدم المعالجة المتوازية الكبيرة (Massively Parallel Processing) كذلك ساهمت هذه التقنيات فى تلبية إحتياجات الشبكة من زيادة سعة الذاكرة وسرعة معالجة عالية وبالتالى وقت تدريب أقل للشبكات الكبيرة. ويقوم كل عنصر معالجة بحساب مخرجات العقد (Nodes) عن طريق الأوزان والإشارات الداخلة من معالجات أخرى. ولإنقاص حجم العمليات للشبكة العصبية الإصطناعية والتى قد تعادل مئات الآلاف من عمليات التشغيل باستخدام الحاسبات العادية يمكن استخدام واحدة من الطرق الآتية :

١ - الآلات السريعة (Fast Machines)

على سبيل المثال الآلات التى تستخدم المعالج (80486) يساندها معالج حسابى مساعد (Math Coprocessor) يساعد فى زيادة سرعة العمليات الحسابية بمعدل من (٢) إلى (١٠) مرات قدر السرعة العادية.

٢ - الشريحة العصبية (Neural Chip)

معظم الشرائح الخاصة الموجودة حاليا يمكنها القيام بالعمليات الحاسبية بسرعة عالية جدا ولكن لايمكن استخدامها لتدريب الشبكة. لذلك كان من الضرورى تجهيز الشريحة قبل استخدامها. وفكرة الشريحة تقوم على تنفيذ تراكيب بيانات الشبكة العصبية على شريحة تناظرية (Analog) أو رقمية (Digital) أو ضوئية (Optical) ومعظم هذه الشرائح مازال فى مرحلة التطوير.

٣ - الألواح المعجلة (Acceleration Boards)

هى عبارة عن معالجات منفصلة يمكن إضافتها للحاسبات العادية وهى تشبه المعالج الحسابى المساعد (Math Coprocessor) ولكنها مصممة للشبكات العصبية وسريعة جدا. على سبيل المثال تصل سرعة هذا المعالج من (١٠) إلى (١٠٠٠) مرة قدر سرعة معالج الحاسب (80386, 20 MHZ). وتعتبر الألواح المعجلة من أفضل أساليب زيادة سرعة الحاسبات وبالتالى إنقاص وزنها. ومن أمثلتها
(Balboa / 260 Boards, Brain Maker Accelerator Board)

١٨ - ٦ فوائد الشبكات العصبية

تعتبر تقنية الشبكات العصبية من الفوائد الحقيقية والإضافات الهامة فى عالم الحاسبات. وذلك لقدرتها على التعرف على الأشكال (Pattern Recognition) والتعلم (Learning) والتصنيف (Classification) والتعميم (Generalzation) والإختصار (Abstraction) ومعالجة المدخلات المنقوصة (Incomplete Inputs) والمشوشة (Noisy).

ومن المعروف أن النظم القادرة على التعلم تكون أكثر طبيعية فى اتصالها بالعالم الحقيقى عن النظم التى تحتاج إلى برمجة كذلك الحاجة الملحة إلى سرعة الحسابات العالية فى بعض التطبيقات أدت إلى استعمال المعالجات المتوازية التى توفرها الشبكات العصبية.

والشبكات العصبية لها القدرة على محاكاة أسلوب الإنسان فى حل المشاكل والذى يصعب محاكاته باستعمال الطرق المنطقية (Logical) أو التحليلية (Analytical) فى النظم الخبيرة (ES) أو فى طرق البرمجيات القياسية. وتظهر أهمية الشبكات العصبية فى التطبيقات المالية (Financial Applications) وهى مثال للتطبيقات التى تكون فيها البيانات متعددة المتغيرات (Multi Variable) وعلى درجة عالية من الإعتمادية (Interdependence) بين صفاتها المميزة. وقد تكون المعلومات مشوشة (Noisy) أو تحتاج فرضيات كثيرة وسرعة حسابات عالية.

كذلك يمكن ربط الحسابات العصبية بالبرمجيات التقليدية للحصول على نظام مختلط (Hybrid) أكثر قوة. هذه النظم المتكاملة يمكن أن تحتوى على قواعد بيانات ، نظم خبيرة ، شبكات عصبية وتقنيات أخرى للحصول على حلول مبنية على الحاسب للمشاكل المعقدة التى لايمكن حلها بالطرق العادية. وتستخدم هذه النظم المتكاملة (Integrated Systems) فى محاكاة عملية إتخاذ القرار عند الإنسان حتى فى ظروف عدم الثقة (Uncertainty) أو نقص المعلومات أو تداخل المعلومات أو وجود أخطاء فى المعلومات.

١٨ - ٧ القيود على الشبكات العصبية

التطبيقات الحالية للشبكات العصبية الإصطناعية مقيدة بالحالة الراهنة للأبحاث وماوصلت إليه عمليات التطوير. وتشترك معظم الشبكات العصبية فى النقص فى إمكانيات التفسير (Explanation). كما أن تحقيق النتائج (Justification) من الصعب الحصول عليه لأن أوزان الربط (Connection Weights) ليس لها عادة توصيف واضح. ويتضح ذلك عمليا فى التعرف على الأشكال لأن من الصعوبة بل من المستحيل شرح المنطق وراء قرار معين.

هذه القيود بالإضافة إلى ارتفاع تكلفة تقنيات المكونات المادية الحالية والخاصة بالمعالجة المتوازية تجعل معظم تطبيقات الشبكة العصبية محصورة فى المحاكاة بالبرمجيات. ولكن هناك إستمرارية فى البحث والتطوير للحصول على خوارزميات للتعلم أفضل من الموجودة حاليا ومعماريات جديدة للنظام ومنهجيات للتطوير.

ومازالت عملية تمثيل المدخلات فى أفضل صورة واختيار معمارية الشبكة من العمليات التى تخضع للمحاولة والخطأ (Trial and Error). وأخيرا تحتاج العمليات التى تجرى بالحساب العصبى إلى كمية كبيرة من البيانات بالإضافة إلى طول الوقت اللازم للتدريب ومعظم هذه الصعوبات ماتزال خاضعة للمزيد من عمليات البحث والتطوير.

١٨ - ٨ الشبكات العصبية والنظم الخبيرة

عندما ظهرت الشبكات العصبية حديثا وصفت بأنها من الجيل السادس للحاسبات وأعطى هذا الوصف الإنطباع بأن هذه الشبكات سوف تحل محل النظم الخبيرة (ES) باعتبارها من العلامات المميزة للجيل الخامس. وبالرغم من مقدرة بعض الشبكات العصبية الإصطناعية على إنجاز مهام معينة بطريقة أفضل وأسرع من النظم الخبيرة فكلاهما ليس فى مجال منافسة بل أنهما يكملا بعضهما البعض فى بعض المجالات.

وتمثل النظم الخبيرة الطريقة المرمزة (Symbolic) المنطقية بينما تستخدم الشبكات العصبية الطرق الرقمية (Numeric) والمعالجة الترابطية (Associative) لمحاكاة نماذج من النظم الطبيعية والجدول الآتى يلخص الخصائص الرئيسية لكل من الطريقتين :

الصفة	النظم الخبيرة (ES)	الشبكات العصبية (ANN)
الطريقة	مرمزة	رقمية
الاستنتاج	منطقى	ترابطى
التشغيل	آلى	شبه طبيعى
التفسير	متاح	غير متاح
المعالجة	متتابعة	متوازية
النظام	مقفول	منظم ذاتيا
التحقق	بطىء وصعب	سريع
أداة التشغيل	المعلومات	البيانات
الصيانة	صعبة	سهلة

جدول (١٨-١) الصفات الرئيسية للنظم الخبيرة والشبكات الإصطناعية

تقوم النظم الخبيرة بإجراء عمليات الإستنتاج المنطقى (Reasoning) باستخدام قواعد مستقرة لنطاق ضيق (Narrow Domain) ومعرف جيدا (Well - Defined). وتناسب النظم الخبيرة تطبيقات النظم المغلقة (Closed - Systems) حيث تكون المدخلات دقيقة وصحيحة ومحددة (Precise) وتؤدى إلى مخرجات منطقية. كذلك فإن هذه النظم مفيدة للتعامل مع المستخدم لتحديد مشكلة معينة واستخراج حقائق متعلقة بالمشكلة المطلوب

حلها. وعملية الإستنتاج المنطقى فى النظم الخبيرة تتم باستخدام حقائق ثابتة وقواعد مستقرة.

وتناسب النظم الخبيرة التطبيقات المستقرة (Stable) والتى لها قواعد محددة. ومعظم البرمجيات الخاصة بتطوير النظم الخبيرة تحتوى على تفسيرات لمساعدة المستخدم فى الإجابة على الأسئلة التى تطرحها هذه البرمجيات وشرح طرق الإستنتاج المنطقى المتبعة. أما فى الشبكات العصبية الإصطناعية فتمثل المعرفة بأوزان عددية لذلك فإن القوانين وعملية الإستنتاج ليس لها تفسير جاهز لذلك يفضل إستعمال هذه الشبكات فى حالات عدم معرفة القوانين نتيجة قصور التطبيق أو عدم إتاحة الخبرة الإنسانية.

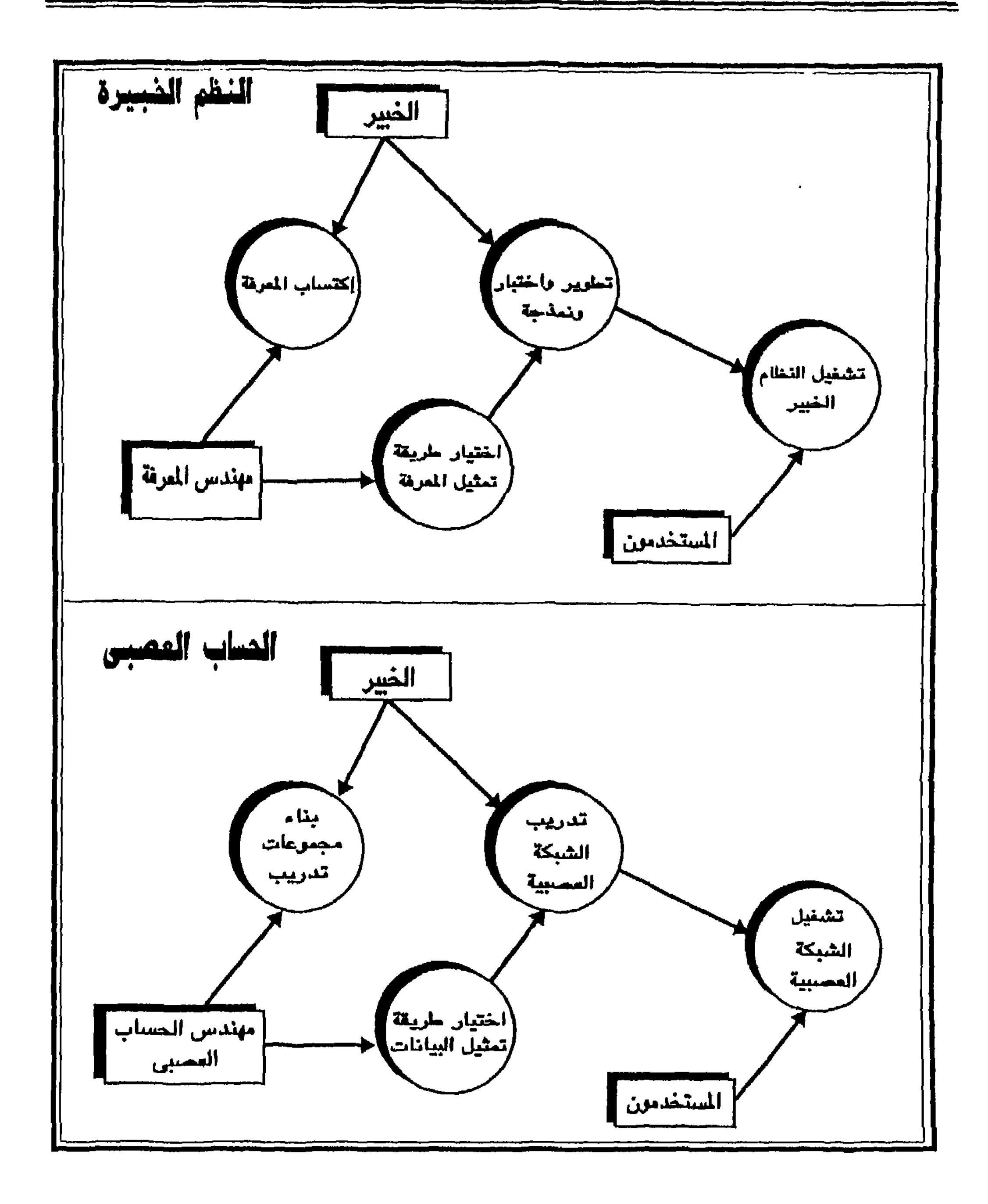
وفى حالة وجود بيانات التدريب يمكن للشبكة تعلم معلومات كافية لتوظيفها بنفس طريقة النظم الخبيرة أو أفضل منها مما يساعد فى عملية الصيانة ويسهلها. وعمليات التعديل (Modification) من حذف وإضافة وتحديث تتم فى الشبكات بإعادة التدريب باستخدام بيانات حديثة مما يساعد فى تجنب التغيير فى البرمجة وقيود القوانين التى تعرفها النظم الخبيرة عند عملية التعديل.

أما خاصية معالجة البيانات فى الشبكات، وليس المعرفة كما فى النظم الخبيرة، فهى تسمح بضبط أى تغييرات فى البيئة المحيطة (Environment) والأحداث (Events) بعكس النظم الخبيرة التى تسمح بضبط أى تغييرات فى حالة تغيير المعرفة فقط. ومن خصائص الشبكات العصبية السرعة العالية والمعالجة المتوازية والألواح العصبية.

والشكل (١٨ - ١٥) يوضح تطوير النظم الخبيرة والشبكات العصبية ودور الخبير فى الحالتين. ويلاحظ من الشكل أن مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) ومهندس الحساب العصبى (Neurocomputing Engineer) كلاهما مسئول عن تمثيل حجم المعرفة إما بقواعد وحقائق أو كيانات. وفى الحالتين يجب أخذ رأى الخبراء (Experts) فى الإعتبار لضمان دقة قواعد البيانات.

١٨ - ٩ أمثلة لبعض استخدامات الشبكات العصبية الإصطناعية

هناك تطبيقات عديدة للشبكات العصبية الإصطناعية منها تطبيقات فى مجال إكتساب المعرفة ومعالجة اللغات الحية ورؤية الآلة والإنسان الآلى والتعرف على خط اليد ونظم مساندة القرار. وفى الأجزاء التالية يتم توضيح هذه التطبيقات.



النظم الخبيرة
الخبير
إكتساب المعرفة
تطوير واختبار ونمذجة
تشغيل النظام الخبير
اختيار طريقة تمثيل المعرفة
مهندس المعرفة
المستخدمون
الحساب العصبى
الخبير
بناء مجموعات تدريب
تدريب الشبكة العصبية
تشغيل الشبكة العصبية
اختيار طريقة تمثيل البيانات
مهندس الحساب العصبى
المستخدمون

شكل (١٨ - ١٥)

١ - الشبكات العصبية فى مجال إكتساب المعرفة

كما سبق أن ذكرنا فإن قصور النظم الخبيرة يكمن فى صعوبة إكتساب المعرفة لذلك ظهرت الحاجة إلى استعمال الشبكات العصبية الإصطناعية فى اكتساب المعرفة المطلوبة للنظم الخبيرة. ويمكن لهذه الشبكات تنفيذ عملية إكتساب المعرفة آليا فى الأحوال التى تتوفر فيها البيانات السابقة حيث تقوم الشبكة بتحليل هذه البيانات للتعرف على الأشكال والعلاقات التى قد تقود إلى قواعد خاصة بالنظم الخبيرة.

وتظهر إسهامات الشبكات العصبية فى اكتساب المعرفة أيضا عند الإتصال (Interface) بنظام خبير وذلك باستخدام عملية جمع المعلومات من الخبير بكفاءة وموضوعية. عندئذ تستطيع شبكة مدربة معالجة المعلومات بسرعة لاستنتاج الحقائق المرتبطة ومايترتب على ذلك من نتائج. ويلى ذلك قيام وحدة النظم الخبيرة المستقلة ببعض التحليلات ثم تقديم تقرير بالنتائج.

٣ - الشبكات العصبية ومعالجة اللغات الحية

تلائم الشبكات العصبية تطبيقات التعرف على الكلام (Speech) وذلك بتخزين معلومات مدربة على أجزاء المحادثة ومقارنتها بسرعة بالأشكال الداخلة حيث تقوم الشبكة بالتعرف على مقاطع من الحديث وتقوم شبكة أخرى ببناء كلمات عن طريق دمج هذه المقاطع ثم يتولى جزء آخر توضيح الغموض (Ambiguities) بين الكلمات التى لها نفس النغمة.

ومن أهم خواص نظم معالجة اللغة التفرقة (Discriminate) بين معانى الكلمات بالإعتماد على أماكنها فى النص ويمكن استخدام الشبكات العصبية لخلق ترابط بين الكلمات التى غالبا ماتستعمل معا وأثناء التشغيل تقوم الشبكة باختبار هذه الروابط (Linkages) لكلمات جملة محددة يتم تحليلها وتختار أفضل تفسير(Interpretation).

٤ - المعالجة الإشارية ورؤية الآلة والإنسان الآلى

كانت الآلات التى تستخدم المعالجة العصبية (Autonomous Machines) ولزمن طويل هدفا لأبحاث الذكاء الإصطناعى. وشملت عمليات التطوير مجالات عديدة منها معالجة وفهم بيانات الإستشعار (Sensory Data) ، التنسيق بين الملاحظة بالرؤية

والحركات الميكانيكية ، الإحساس بمحتوى البيئة المحيطة ، القدرة على التأقلم ، التلاؤم مع المتغيرات فى البيئة. وبالرغم من استخدام الشبكات العصبية الإصطناعية لتحسين الرؤية بالآلة والنتائج الجيدة التى تم الحصول عليها فمازالت هذه العملية صعبة.

أما بالنسبة لتعليم الإنسان الآلى (Robotics Learning) ومجالاته المختلفة ، مثل معالجة الأخطاء (Error Recovery) ، فمازالت الأبحاث والمحاولات فى مرحلة الإختبار والتجربة وقد حققت هذه الإختبارات نتائج مشجعة ومبشرة.

وفى مجال تحكم الإنسان الآلى (Robot Control) هناك أبحاث متعددة تحت الدراسة المكثفة مثل تخطيط المسار (Trajectory Planning) والتحكم غير الخطى (Nonlinear Control) للمحركات والتروس وكذلك تم تطوير نظام لاكتشاف العوائق (Obstacle Detection) وللإستجابة المتوائمة(Adaptive Response) والتوافق بين حركة أذرع الإنسان الآلى والمدخلات عن طريق الكاميرا. وفى الجزء الخاص بالرؤية (Vision Component) للإنسان الآلى أو النظم الأخرى يمكن للشبكة العصبية استخدام الذاكرة الترابطية (Associative Memory) لترجمة البيانات المرئية المحللة (Digital Visual Data) للأشياء ثم اختيار الصورة التى تقابلها من الذاكرة.

٥ - التعرف على خط اليد (Handwriting Recognition)

التعرف على خط اليد من التطبيقات الهامة جدا فمثلا التعرف الآلى على الأمضاء على الشيك والوثائق الهامة يوفر الخسارة الناتجة عن عمليات التزوير. كذلك قراءة الإستمارات المكتوبة بخط اليد توفر الكثير من الوقت والجهد اللازمين لإتمام ذلك يدويا وخاصة فى حالة الأعداد الكبيرة جدا من الإستمارات ونفس النتيجة فى حالة النظام البريدى. فقراءة العناوين آليا على الخطابات يقلل من الأخطاء ويوفر الوقت والجهد.

وقد أسهمت الشبكات العصبية فى مجال التعرف على خط اليد وزادت من نطاق الحروف التى يمكن التعرف عليها ومنها الحروف الصينية. وبعض نظم هذه الشبكات يقرأ مباشرة الكلمات من الوثائق الورقية ممايوفر الوقت اللازم لإعادة إدخال البيانات ويقلل من الخطأ المحتمل أثناء ذلك. وهناك نظم أخرى تستخدم القلم المضىء (Light Pen) أو لوحة حساسة وشكلا محددا للمدخلات.

٦ - نظم مساندة القرار (Decision Support Systems)

مهمة نظم مساندة القرار هى تقديم المساعدة باستخدام الحاسب وخاصة فى مستويات الإدارة المتوسطة والعالية. ويشمل نطاق تطبيق هذه النظم الحالات شبه المركبة (Simistructured) وغير المركبة (Unstructured) والتى تحتوى على نظم ديناميكية ونظم مفتوحة (Open Systems) بها قدر من عدم الثقة (Uncertainty) والمخاطرة (Risk).وقد ساهمت النظم الخبيرة بالتعاون مع نظم مساندة القرار التقليدية فى الإمداد ببعض الأدوات الشخصية (Personal Tools) التى لها القدرة على التلاؤم (Adaptable) تبعا لاحتياجات متخذى القرارات. ويمكن للشبكات العصبية الإصطناعية أن تضيف إمكانيات عديدة فى هذا المجال غير موجودة فى النظم الأخرى منها القدرة على التلاؤم مع الظروف الجديدة والقدرة على الإستنتاج المنطقى بالإعتماد على الخبرة السابقة والإستنباط من الحقائق للتعرف على الظروف المشابهة وبالتالى تقل الحاجة إلى تقديم مجموعة كاملة من الحلول للحالات المشابهة لتلك التى يمكن أن يواجهها المدير.

والنموذج الأساسى لسلوك متخذى القرار يمر بثلاثة مراحل : المرحلة الأولى هى المرحلة الذكية التى تشمل تجميع المعلومات وبناء التراكيب اللازمة لتعريف المشكلة ويلى ذلك مرحلة حل المشكلة حيث يتم تصميم الحلول البديلة ووضع معايير الإختبار(Testing) وتقييم أداء هذه البدائل باختيار أحسنها أو أفضلها. واستخدام الشبكات العصبية يفيد كثيرا فى المرحلة الأولى وخصوصا فى حالة معالجة بيانات كثيرة وأيضا فى المرحلة الثانية حيث يمكن حساب الحلول المطروحة بمطابقة النتائج بمعايير الحل وأخيرا فى مرحلة الإختيار حيث تقوم الشبكة بتحليل الحالات السابقة حتى تكون مرشدة لاختيار أحسن البدائل. ومن أمثلة بعض التطبيقات مجال التحليل المالى حيث تقوم الشبكة بنقل المعلومات من قواعد البيانات الرئيسية للبحث عن أنماط وسلوكيات وتفيد النتائج فى إتخاذ القرارات الإستثمارية. كذلك يمكن استخدام الشبكات العصبية فى بناء النماذج فى علوم الإحصاء وبحوث العمليات للمساعدة فى إيجاد الحلول المثلى التى يصعب حلها باستخدام النماذج القياسية.

١٨ - ١٠ تكامل الشبكات العصبية والنظم الخبيرة

هناك طريقتان لاستخدام النظم الخبيرة مع الشبكات العصبية هما : النظم المطمورة (Embedded) والنظم الموزعة (Distributed). وفى النظم المطمورة يكون النظام الخبير والشبكة أجزاء من النظام مرتبطة إرتباطا محكما.

فمثلا يمكن أن تمثل الشبكة العصبية قاعدة معرفة للنظام الخبير وتتواجد هذه الأجزاء كأوزان إتصال (Connection Weights) ويمكن تصميم النظام بحيث تمثل الأوزان كأفرع (Branches) فى قاعدة المعرفة حتى يمكن شرح خط الإستنتاج المنطقى. ويمكن للذاكرة الترابطية (Associative Memory) فى الشبكة العصبية أن تخزن العلاقات بين أشكال المدخلات والإستنتاجات المقابلة لها. ومن أمثلة النظم المجمعة نظام (Diety) وهو نظام خبير يستخدم شبكة عصبية لكشف أعطال المحركات النفاثة والصواريخ.

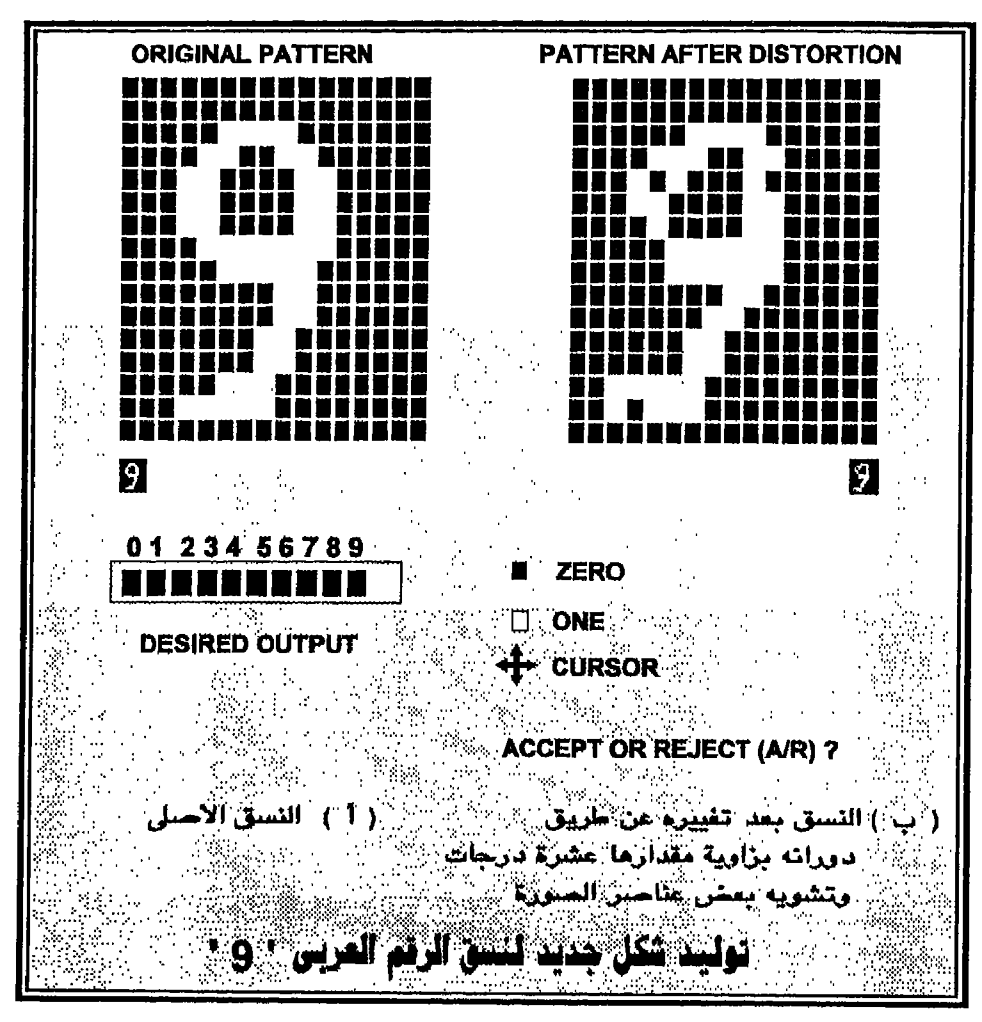
أما النظام الموزع الذكى (Distributed Intelligent System) فيستخدم طريقة مباشرة وهى الربط غير المحكم (Loose Coupling) بين النظم الخبيرة والشبكات العصبية وفى بعض الأحيان قواعد البيانات بحيث تقوم النظم الفرعية (Subsystems) المختلفة بوظائفها بطريقة مستقلة (Independently). وتستطيع هذه النظم الإتصال ببعضها عبر خطوط الإتصال أى بنقل البيانات (Data Transfer). كذلك يمكن ربط أجزاء الشبكة العصبية بالبرمجيات الأخرى لتنفيذ وظائف خاصة أو برامج فرعية (Subroutines) للنظام. وهكذا يمكن للنظم الموزعة نقل المعلومات عن طريق نقل الملفات أو بواسطة الذاكرة الداخلية وتراكيب البيانات الخاصة بالنظام.

ويمكن أن يشتمل النظام الموزع على نظام ماقبل المعالجة (Pre-Processing) ومابعد المعالجة (Post - Processing) مع برمجيات نظام قياسى (Standard) أو نظام خبير (ES) للإتصال بأجزاء الشبكة العصبية.

١٨ - ١١ كيف تبنى شبكة عصبية إصطناعية ؟

فى هذا الجزء سوف نقدم للقارىء مثلا لتجربة عملية قمنا خلالها بمحاكاة (Simulation) شبكة عصبية متعددة الطبقات ذات تغذية أمامية (Multilayer Feedforward Network) فى حل مسألة تثير اهتمامنا وهى مسألة التعرف على الأنساق (Pattern Recognition) ممثلة فى صور رقمية (Binary (Digitized) Images) لأشكال الأرقام العربية (٠,١,٢,٣,٤,٥,٦,٧,٨,٩). وقد استخدمنا الحاسب الشخصى (Personal Computer) فى توليد نسخ متباينة لأشكال هذه الأرقام عن طريق إجراء بعض التغييرات فى أنساقها الأساسية (Basic Patterns) أنظر الشكل (١٨ - ١٦). كما استخدمنا الحاسب الشخصى أيضا فى تعليم الشبكة متعددة الطبقات كيفية التعرف على هذه الأنساق باستخدام خوارزمية الإنتشار المرتد (Back Propagation Algorithm) وقد تم تنفيذ الخوارزمية كبرنامج بلغة (PASCAL) وهى إحدى لغات المستوى العالى (High Level Languages) التى تبنتها الأوساط الأكاديمية فى العالم لما لها من خصائص تسمح بكتابة برامج تركيبية (Structured Programs) يسهل معها حل المسائل المعقدة عن طريق التعرف على ماتشتمل

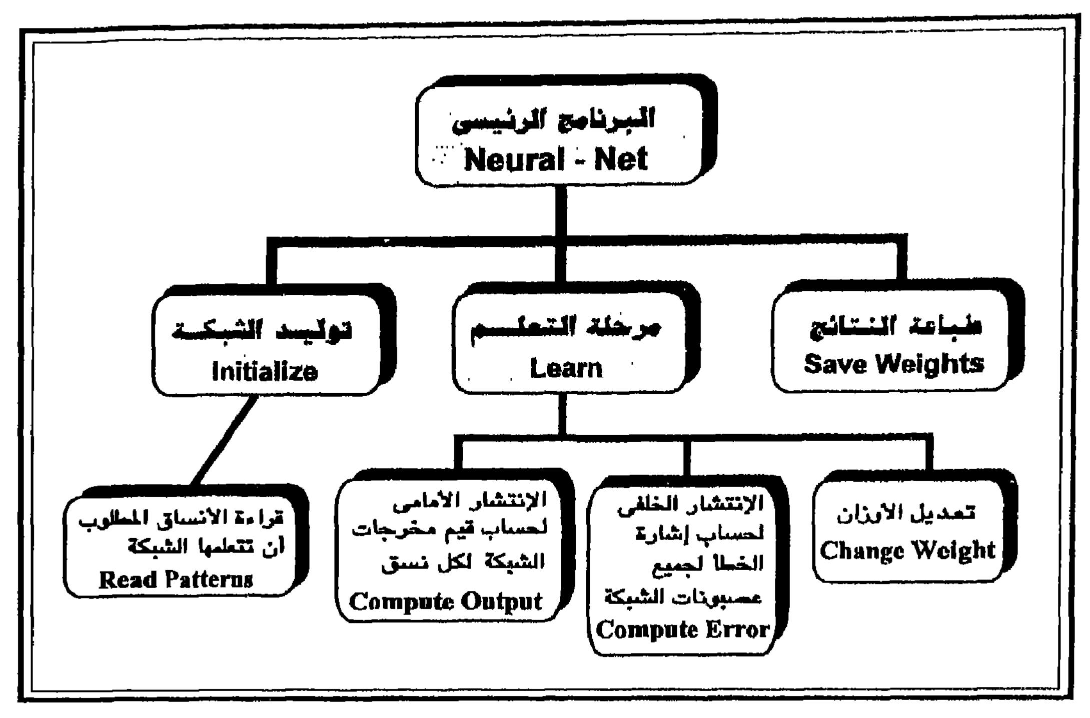
عليه من مسائل فرعية يؤدى حلها إلى حل المسألة الأصلية. ولاتتوقف هذه الإمكانية فى تجزئة المسألة عند مستوى معين بل يمكن دائما للمبرمج أن يلجأ إلى هذه الحيلة كلما دعت إليها الضرورة. والأجزاء التالية توضح هذا البرنامج



شكل (١٨ - ١٦)

١٨ - ١١ - ١ الهيكل التنظيمى للبرنامج

يمكن للقارىء - كخطوة أولى _ أن يتصور أن برنامجنا - والذى سنطلق عليه إســـم (Neural Net) - يشتمل على ثلاثة مسائل فرعية كمايتضح بالشكل (١٨ - ١٧)



شكل (١٨ - ١٧) الهيكل التنظيمى للبرنامج (Neural - Net)

- المسألة الأولى : تشتمل على تعريف الشبكة التى ستستخدم لحل المسألة والأنساق المطلوب تعلمها وسنطلق عليها مرحلة الإعداد (Initialization).

- المسألة الثانية : تشتمل على عرض الأنساق - التى تم إعدادها فى المرحلة الأولى بحيث تصاحب بيانات كل نسق القيمة الصحيحة للمخرجات - على الشبكة بغرض تعليمها العلاقة الصحيحة بين مدخلاتها ومخرجاتها ، وسنطلق على هذه المرحلة مرحلة التعلم (Learning).

- المسألة الثالثة : تشتمل على طباعة / تخزين النتائج الخاصة بقيم الأوزان (Weights) التى تعبر عن شدة الربط بين عصبونات الشبكة بعد الإنتهاء من مرحلة التعلم. وسنطلق على هذه المرحلة مرحلة تخزين الأوزان (Weights Saving).

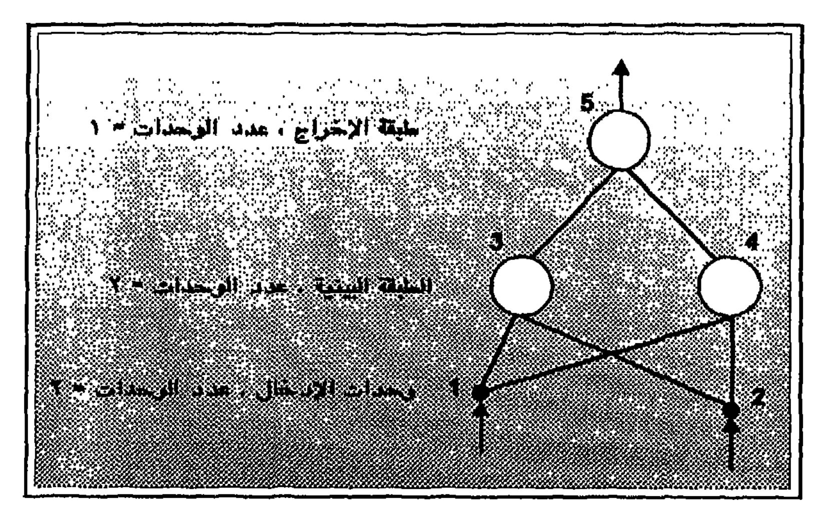
ويمكننا الآن التركيز على كل مسألة من المسائل السابقة بحيث نتعرف على تفاصيل كل منها بوضوح أكثر.

مرحلة الإعداد :

- **أولا : توليد الشبكة - وفيها يتم سؤال مستخدم البرنامج عن الكميات الآتية (كل فى سطر على حدة).**

  - **عدد وحدات الإدخال**
  - **عدد وحدات الطبقة الخفية**
  - **عدد وحدات طبقة الإخراج**

فعلى سبيل المثال إذا أراد المستخدم حل مسألة الفصل المانع بواسطة الشبكة العصبية بالشكل (١٨ - ١٨) فإنه يدخل القيم ٢ ثم ٢ ثم ١ على الترتيب بالنسبة للأسئلة السابقة.



شكل (١٨ - ١٨)

استخدام شبكة متعددة الطبقات لحل مسألة الفصل المانع

ويقتصر دور المستخدم - بالنسبة لتوليد الشبكة - على الإجابة عن الأسئلة الثلاث السابقة ، أما بالنسبة للقيم الإبتدائية للأوزان (Weights) التى تربط بين الخلايا العصبية وقيم العتبات (Thresholds) لهذه الوحدات فإنه يتم توليدها عشوائيا (Randomly) من داخل البرنامج بحيث تكون محصورة بين -٠,٥ و +٠,٥ وبالمثل يعتمد البرنامج فى أسلوب حسابه لمخرجات الخلايا على أنها ذات دالة من النوع السيجمويد.

- ثانيا : قراءة الأنساق المطلوب أن تتعلمها الشبكة : وفيها يدخل المستخدم بياناته فى ملف إسمه (Neural.Pat) كالتالى :

- يكتب العدد الكلى للأنساق (فى سطر على حدة).
- ثم يكرر كتابة قيم وحدات الإدخال يليها قيم وحدات الإخراج لكل نسق بحيث يبدأ البيانات الخاصة بكل نسق فى سطر جديد.

وبالنسبة لمسألة الفصل المانع فإن البيانات تكون كالتالى :

العدد الكلى للأنساق المطلوب تعلمها 4 ⟵ السطر الأول

المخرجات لكل نسق	المدخلات كل نسق			
0	0	0	⟵	السطر الثانى
1	1	0	⟵	السطر الثالث
0	1	1	⟵	السطر الرابع
1	1	1	⟵	السطر الخامس

ويجدر بنا هنا أن ننوه للقارىء أنه لايشترط أن تكون قيم المدخلات والمخرجات ثنائية (Binary) - كما هو الحال فى الأمثلة التى نعرضها فى هذا الفصل - ويمكنه استعمال قيم حقيقية (أى تشتمل على كسور).

مرحلة التعلم :

يقتصر تفاعل المستخدم مع البرنامج فى هذه الحالة على إدخال قيمة متغير واحد فقط يتحكم فى معدل التغيير (Rate of Change) فى قيم أوزان وعتبات عصبونات الشبكة ويطلق عليه إسم معدل التعلم (Learning Rate) وتختار قيمته بحيث تكون محصورة بين الصفر والواحد الصحيح ويعتبر اختيار هذه القيمة فى حدود ٠,٦ اختيارا مناسبا.

وبعد أن يحصل البرنامج على قيمة معدل التعلم لايحتاج إلى بيانات أخرى من المستخدم حيث يتم تنفيذ خوارزم الإنتشار العكسى (Back Propagation) والذى يشتمل على ثلاث مراحل فرعية كالآتى :

- ☐ أولا : مرحلة الإنتشار الأمامى للمدخلات لحساب قيم المخرجات المناظرة وقيمة إشارة الخطأ عند كل عصبون فى الطبقة الخارجية للشبكة.
- ☐ ثانيا : مرحلة الإنتشار الخلفى لحساب إشارة الخطأ عند كل عصبون فى الطبقة البينية.
- ☐ ثالثا : تعديل الأوزان بين عصبونات الشبكة وقيم عتبات هذه العصبونات لتقليل الخطأ الحادث فى عصبونات الطبقة الخارجية.

مرحلة طباعة / تخزين النتائج :

ويقوم البرنامج فيها بتخزين تقرير (Report) - فى ملف إسمه (Nerual.wts) يشتمل على قيم الأوزان التى تربط كل خلية عصبية- بدءا من خلايا الطبقة البينية مرتبة وفقا لرقم (رتبة) كل خلية كما يتضح بالشكل (١٨ - ١٨)- بوحدات أو خلايا الطبقة السابقة يليها قيمة العتبة لهذه الخلية.

ويمكن توضيح ذلك باستعراض نتائج مسألة الفصل المانع كالآتى :

رقم الخلية العصبية	الأوزان التى تربطها بوحدات الطبقة السابقة		قيمة العتبة للخلية العصبية
3	-6.4689	-6.6270	2.6834
4	4.3391	-4.3831	6.5286
5	-8.5966	8.6958	-4.1543

ويلى التقرير السابق تقرير مفصل عن نشاط الشبكة لكل نسق من الأنساق التى تم إدخالها فى ملف الإدخال كالتالى (من اليسار إلى اليمين) :

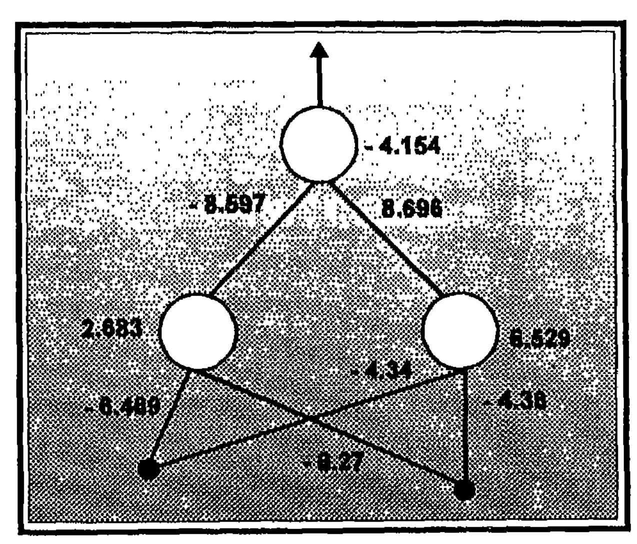
- ☐ قيمة مجموع مربع الأخطاء فى خلايا الطبقة الخارجية لهذا النسق.
- ☐ قيمة الإشارة الخارجة من كل خلية عصبية من خلايا الشبكة (مرتبة وفقا لأرقام الخلايا).
- ☐ قيمة مجموع مربع الأخطاء فى خلايا الطبقة الخارجية مجموعا لجميع الأنساق (وتعتبر هذه القيمة مقياسا لمدى نجاح الشبكة فى المهمة المطلوب تعلمها).

ويمكن توضيح ذلك أيضا باستعراض هذا الجزء من النتائج بالنسبة لمسألة الفصل المانع

النسق		بيانات النسق	قيمة مربع الخطأ عند وحدة الإخراج
النسق الأول	Pattern 0.94	0 0 0 1.00 0.03	قيمة الإشارة الصادرة من العصبونات ٣،٤،٥ على الترتيب
النسق الثانى	Pattern 0.02	1 0 1 0.90 0.97	0.000902
النسق الثالث	Pattern 0.02	0 1 1 0.90 0.97	0.000916
النسق الرابع	Pattern 0.02	1 1 0 0.10 0.04	0.001310

المجموع الكلى لمربعات الأخطاء = 0.003958

ويمكن للقارىء التأكد من صحة النتائج الخاصة بنشاط الشبكة بأن يحسب بنفسه (يدويا) قيم مخرجات الخلايا لكل نسق فى الشبكة التى تم الحصول عليها وهى القيم الموضحة بالشكل (١٨ - ١٩).



شبكة الشكل ٣ بعد تعلم قيم الأوزان والعتبات
شكل (١٨ - ١٩)

وننصح القارىء بأن يقوم بتشغيل البرنامج على مسألة الفصل المانع ليتأكد من صحة النتائج التى عرضناها فى هذا الفصل.

١٨ - ١١ - ٢ استخدام برنامج (Neural.Net) فى التعرف على صور الأرقام العربية

نجح البرنامج (Neural.Net) فى تعلم مهمة أكثر صعوبة من مسألة الفصل المانع التى أشرنا إليها فى القسم (١٨ - ١٠ - ١) أعلاه ، وهى تعلم التعرف على صور للأرقام العربية الأولية من صفر إلى تسعة. وسنعرض فيما يلى مراحل تنفيذ البرنامج لحل مثل هذه المسألة.

أولا : توليد الشبكة

- ☐ عدد وحدات الإدخال : ٢٥٦ ويمثل هذا العدد عدد عناصر الصورة الممثلة للرقم. فبالرجوع إلى الشكل (١٨ - ١٦) يلاحظ أن الصورة تشتمل على ١٦ صفا وعمودا أى على ١٦ × ١٦ = ٢٥٦ عنصرا. ويتم تمثيل هذه العناصر ثنائيا (Binary) وسنعتبرها صفرا للعنصر القاتم وواحدا للعنصر المضىء.
- ☐ عدد وحدات الطبقة البينية ٣٠.
- ☐ عدد وحدات الإخراج ١٠ (وهى تناظر عدد الفئات Classes المختلفة التى تنتمى إليها الأنساق).

ثانيا : البيانات الخاصة بالأنساق المطلوب تعلمها (الملف Neural.Pat)

العدد الكلى للأنساق ٥٠٠ وحيث أن عدد الأنساق - فى هذه الحالة - كبير جدا فسنعطى هنا بيانات نسق واحد فقط وهو النسق المعروض فى الشكل (١٨ - ١٦ - ١) على سبيل المثال ، وهو يشتمل على ٢٦٦ بيان تمثل ٢٥٦ منها القيم عند وحدات الإدخال والـ ١٠ الاخيرة تمثل القيم المطلوبة عند وحدات الإخراج كالتالى :

ومثل هذه البيانات - بطبيعة الحال - لايستطيع المستخدم إدخالها من خلال لوحة المفاتيح (Keyboard) وينبغى الحصول عليها عن طريق تخزين الصورة الرقمية التى تم رسمها على شاشة الحاسب أو باستخدام ماسح رقمى (Scanner) لتحويل صور الأرقام العربية (المرسومة على ورق أبيض) إلى صورة رقمية يمكن تخزينها فى الحاسب.

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0

ثالثا : مرحلة التعلم

ذكرنا أنه فى هذه المرحلة يعمل البرنامج ذاتيا - بدون تفاعل مع المستخدم - بعد حصوله على قيمة معدل التعلم التى سنعتبرها أيضا ٠,٦

رابعا : تقييم النتائج

إستطاع خوارزم الإنتشار العكسى تعليم الشبكة تصنيف الصور المدخلة إلى عشر فئات بنسبة مجموع مربع أخطاء يقل عن ٠,٠٠١ لكل نسق وينبغى للقارىء أن يلاحظ أن ماقام به الخوارزم فى هذه المسألة ليس تافها حيث أن عدد المتغيرات المطلوب ضبط قيم لها لنجاح عملية التعلم يصل إلى ٨٠٢٠ (ثمانية آلاف وعشرون متغيرا) كالتالى :

- عدد الأوزان بين وحدات الإدخال وخلايا الطبقة البينية = ٢٥٦ × ٣٦٠ = ٧٦٨٠ وزن.
- عدد عتبات خلايا الطبقة الأولى = ٣٠ عتبة.
- عدد الأوزان بين خلايا الطبقة البينية وخلايا طبقة الإخراج = ٣٠ x ١٠ = ٣٠٠ وزن.
- عدد عتبات خلايا الطبقة الخارجية = ١٠.

وبذلك يصل مجموع هذه المتغيرات إلى ٨٠٢٠ مما يعطى فكرة عن صعوبة هذه المسألة.

وقد قمنا أيضا باختبار كفاءة الشبكة - بعد انتهاء مرحلة التعليم - عن طريق عرض مائة نسق جديد تختلف عن الأنساق التى استخدمت فى عملية التعلم إستطاعت الشبكة التعرف عليها.



الفصل التاسع عشر

التطبيقات العملية للشبكات العصبية الإصطناعية



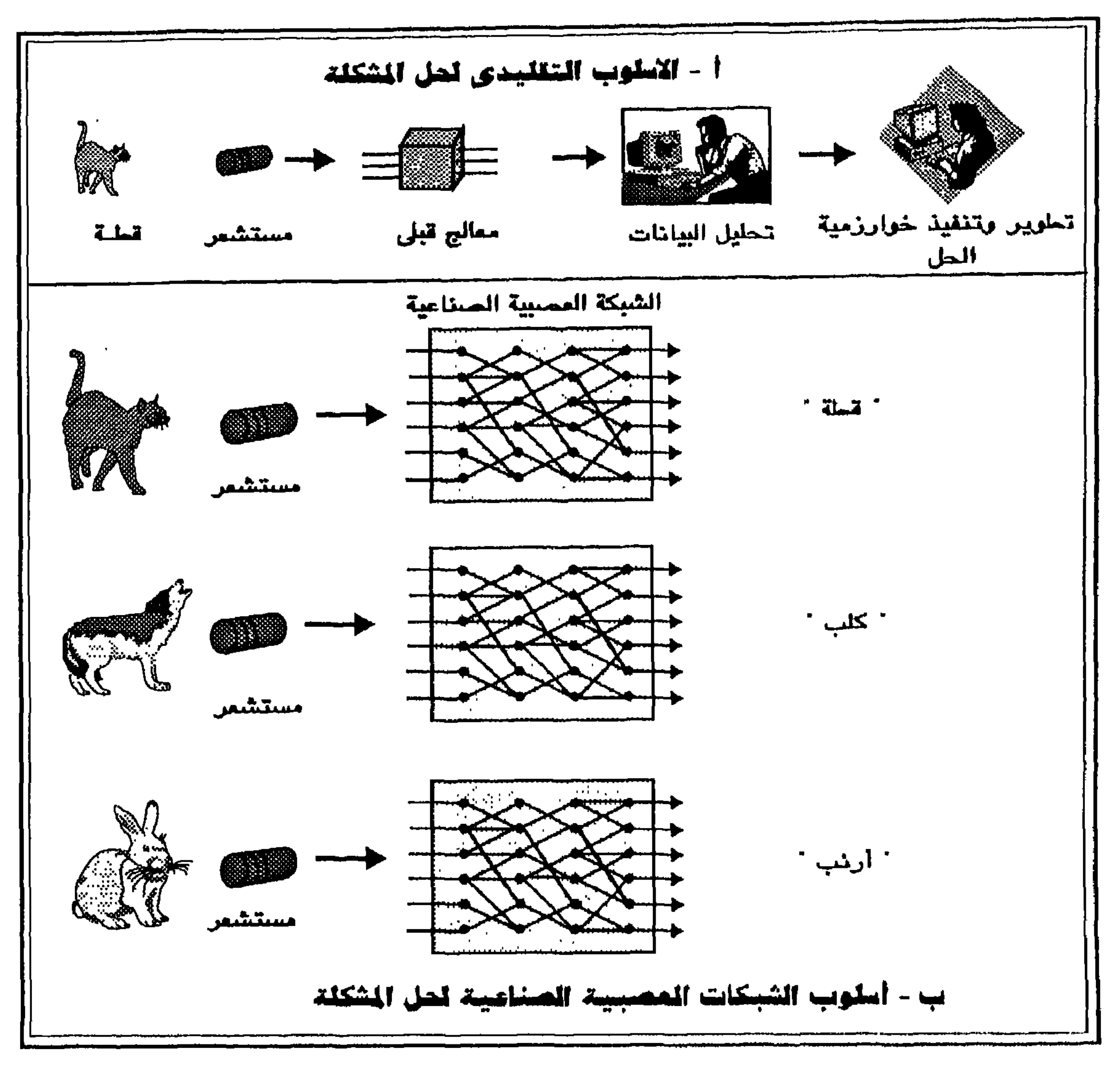
١٩ - ١ مقدمــة

والآن وبعد عرضنا فى الفصول السابقة لبعض الأسس النظرية للشبكات العصبية الإصطناعية حان وقت التساؤل عن إمكانية الإستفادة منها فى مختلف المجالات العملية. وقبل المضى قدما فى الإجابة على هذا التساؤل يتعين علينا أن نلقى بعض الضوء على الفروق الرئيسية بين الطرق التقليدية لمعالجة المعلومات وتلك التى تتبعها الشبكات العصبية الإصطناعية. ولتوضيح هذه الفروق سنفترض أن المشكلة التى علينا حلها هى بناء نظام لتصنيف صور الحيوانات التى تعرض عليه إلى ثلاثة فئات : فئة القطط، فئة الكلاب وفئة الأرانب. ويبدأ الأسلوب التقليدى لبناء هذا النظام شكل (١٩ - ١أ) بمعالجة قبلية (Preprocessing) للصورة، أى بتمثيلها على هيئة بيانات رقمية على سبيل المثال، ويتم بعد ذلك تحليل تلك البيانات لاستخلاص الملامح المميزة لكل من حيوانات الفئات الثلاثة، ويعقب ذلك تطوير خوارزمية بإمكانها استخدام تلك الملامح المميزة فى التعرف على طبيعة الحيوان الذى تمثله البيانات ومن ثم إمكانية تصنيفه. وبالطبع تقتصر قدرات برنامج الحاسب المرتكز على هذه الخوارزمية على تمييز ومن ثم تصنيف ثلاثة أنواع فقط من أنواع الحيوانات. أى أن هذا البرنامج يعجز عن التعامل مع أى حيوان آخر غير تلك التى صمم على أساس التعرف على ملامحها.

وتتبع الشبكات العصبية الإصطناعية فى حلها لهذه المشكلة أسلوبا يختلف تماما عن الأسلوب التقليدى شكل (١٩ - ١ب). فبعد إقامة الشبكة، سواء تم تنفيذ هذا ماديا باستخدام تجهيزات مادية خاصة (Hardware) أو برمجيا (Software) بأسلوب المحاكاة (Simulation)، يبدأ تعليمها تمييز وتصنيف الصور التى تمت معالجتها قبليا للحيوانات الثلاثة. وتتم هذه العملية أولا بعرض صورة لـ" قط " كمدخل وكلمة " قط " كمخرج أمام الشبكة التى تعدل من أوزان شدة الترابطات بين وحداتها بناء على مايعرض أمامها. وتتكرر نفس العملية بالنسبة لكل من صور " الكلب " و " الأرنب ". وبهذا تكون الشبكة قد تعلمت كيفية التمييز بين صور الحيوانات الثلاثة ومن ثم تصنيفها. والأمر المثير هنا أن نفس الشبكة يمكنها تعلم المزيد عن صور حيوانات أخرى بنفس الطريقة ومن ثم تتنامى قدرتها على التمييز والتصنيف. وهى فى ذلك تتمتع بقدر كبير من المرونة يفتقدها البرنامج المصمم طبقا للأسلوب التقليدى. أما الأمر المثير الآخر فهو مقدرة الشبكة على استخلاص الملامح المميزة بنفسها وبدون عون أو تدخل مباشر من الإنسان وهذا بالطبع عكس المتبع فى حالة الطرق التقليدية.

ويوضح هذا المثال طبيعة المشاكل التى تتفوق الشبكات العصبية الإصطناعية فى حلها بالمقارنة مع الطرق التقليدية. ويمكن اعتبار أغلب تلك المشاكل حالات خاصة أو متنوعة للمشكلة العامة المعروفة بـ " مشكلة مقارنة أو مطابقة الأنساق " (Pattern Mapping). لذا ترتكز التطبيقات العملية للشبكات

العصبية الإصطناعية على اعتبار تلك الشبكات بوصفها منظومات لمقارنة أو مطابقة الأنساق. ويمكن تصنيف التطبيقات إلى :



شكل (١٩-١)

حل مشكلة تصنيف الصور والأنساق

○ تطبيقات مختارة (Candidate Applications) ، وهى التطبيقات التى تتناول المشاكل التى يمكن من الناحية النظرية إستخدام الشبكات العصبية الإصطناعية فى حلها. وتشمل هذه الفئة المشاكل التى يمكن حلها بواسطة مطابقة الأنساق أو المشاكل المتعلقة بالأمثلة (Optimization) مثل مشكلة البائع المتجول الشهيرة (Salesman Problem).

- تطبيقات يجرى تطويرها (Applications Under Develpment) ، وهى التطبيقات التى تتعلق بمشاكل بدأ بالفعل تنفيذ حلها بواسطة الشبكات العصبية الإصطناعية. وفى هذه الحالة يبدأ تدريب الشبكات على حل صور مبسطة من المشاكل المطروحة وذلك تمهيدا لاستخدامها فى حل الصور الواقعية لتلك المشاكل.
- تطبيقات تم تطويرها (Proven Applications) ، وهى التطبيقات التى تم استخدام نظم الشبكات العصبية الإصطناعية فى حلها وتم تسويق تلك النظم على المستوى التجارى. ومن أبرز تلك التطبيقات نظم التعرف على خط اليد ونظم الكشف عن القنابل.

وتتضمن عملية تطوير الشبكات العصبية الإصطناعية العديد من خيارات التصميم أنظر شكل (١٩ - ٢). ويمكن إيجاز تلك العملية فى الخطوات التالية :

أ - التوصيف المحدد لمجال التطبيق.

ب - التوصيف الدقيق لطبيعة مدخلات ومخرجات الشبكة. ويشمل هذا التوصيف مايلى :

١ - تحديد الأنساق التى سيتعين على الشبكة قبولها كمدخل وتلك التى ستخرجها.

٢ - تحديد الكيفية التى سيتم بها تمثيل هذه الأنساق (The Repesentation Scheme) والمعلومات والبيانات المطلوبة لتنفيذ هذا التمثيل بكفاءة وفعالية. فتصميم شبكة عصبية لحل مشكلة تصنيف الصور يتطلب اختيار أسلوب تمثيل الصورة الذى ستقبله الشبكة. فهل يتم إدخال الصورة كنسق من النقط (Pixels) .. ؟ أو يكون من الأفضل استخدام أحد تقنيات المعالجة القبلية (Preprocessing) لمعالجة الصورة قبل تقديمها للشبكة .. ؟ كما ينبغى أيضا تحديد أسلوب الإخراج. فهل تخصص وحدة معالجة عصبية لكل صنف من أصناف الصور التى سيتم تصنيفها .. ؟ أو هل من الأفضل استخدام أكثر من وحدة لتمثيل كل صنف على حدة ... ؟ كانت هذه عينة من الأسئلة التى يتعين الإجابة عليها فيما يتعلق بتوصيف مدخلات ومخرجات الشبكة.

جـ - تصميم المعمار الداخلى للشبكة : وتشمل هذه الخطوة مايلى :

١ - توصيف طوبولوجية الشبكة بما يعنيه هذا من تحديد لعدد طبقاتها ولطبيعة انتشار الإستثارة عبر وحدات المعالجة العصبية المكونة لها.

٢ - تحديد حجمها ، أى عدد وحدات المعالجة العصبية التى ستستخدم فى بنائها.

٣ - توصيف طبيعة الترابطات بين وحدات المعالجة العصبية المكونة لها.

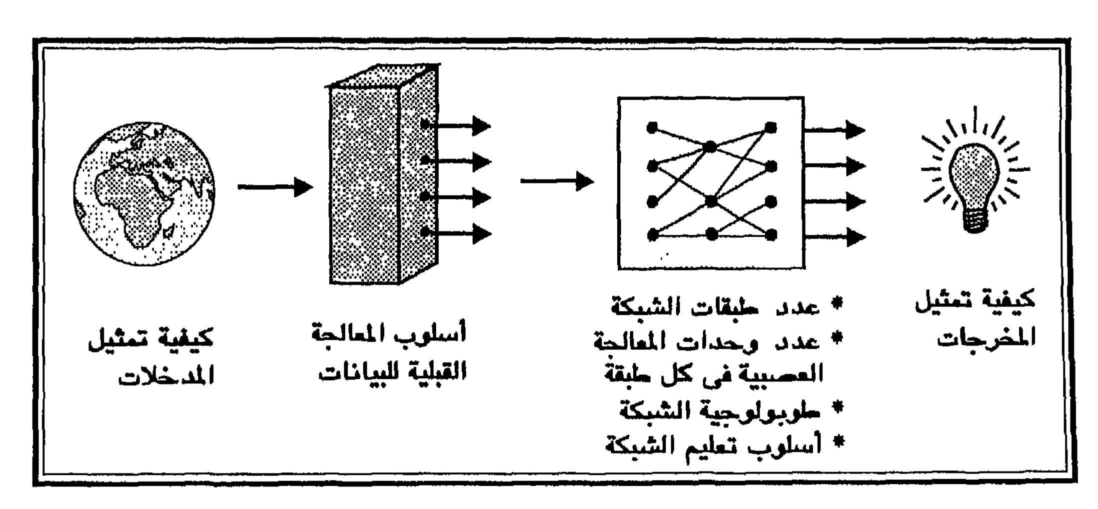
د - اختيار النظام المناسب الذى سيتبع فى تعليمها.

هـ - اختيار قيم بارامترات ضبط (توليف) (Tuning) الشبكة ، وذلك مثل معدل التعلم (Learning Rate) كما هو الحال فى شبكات الإنتشار المرتد للخطأ.

و - اختيار المواد التدريبية التى ستستخدم فى تعليم الشبكة. فالشبكة كالطفل ، يتوقف مستوى أدائها على مايقدم إليها من مادة وعلى أسلوب تقديمها.

ويبقى بعد ذلك تساؤل هام وهو كيف يمكن تنفيذ الشبكة التى تم تصميمها ؟ والإجابة على هذا التساؤل هى أن هناك العديد من مواد التنفيذ وتقنياته بدءا من استخدام ورقة وقلم ... وإنتهاء ببناء معدات (Hardware) يتلاءم معمارها مع معمار الشبكات ومرورا باستخدام الجداول الإلكترونية (Spreadsheets) والمحاكيات البرمجية (Software Simulators). وتعتمد أغلب التطبيقات المسوقة على المستوى التجارى إعتمادا أساسيا على استخدام المحاكيات البرمجية فى تنفيذ الشبكات العصبية الإصطناعية. إلا أن معمار الحواسب الحالية القائم على إجراء العمليات المنطقية والحسابية تعاقبيا والذى يختلف اختلافا جوهريا عن أسلوب المعالجة المتوازية الذى تتبعه الشبكات العصبية، يفرض قيودا وحدودا على الإستغلال التام لقدرات وإمكانيات تلك الشبكات. وذلك لأن سرعة المحاكيات البرمجية تتوقف فى نهاية الأمر على سرعة المعدات التى تقوم بتنفيذها. ويمكن التغلب جزئيا على هذه المشاكل باستخدام المعالجات المساعدة الرياضية (Math Coprocessors) والمعالجات الإتجاهية (Vector Processors).

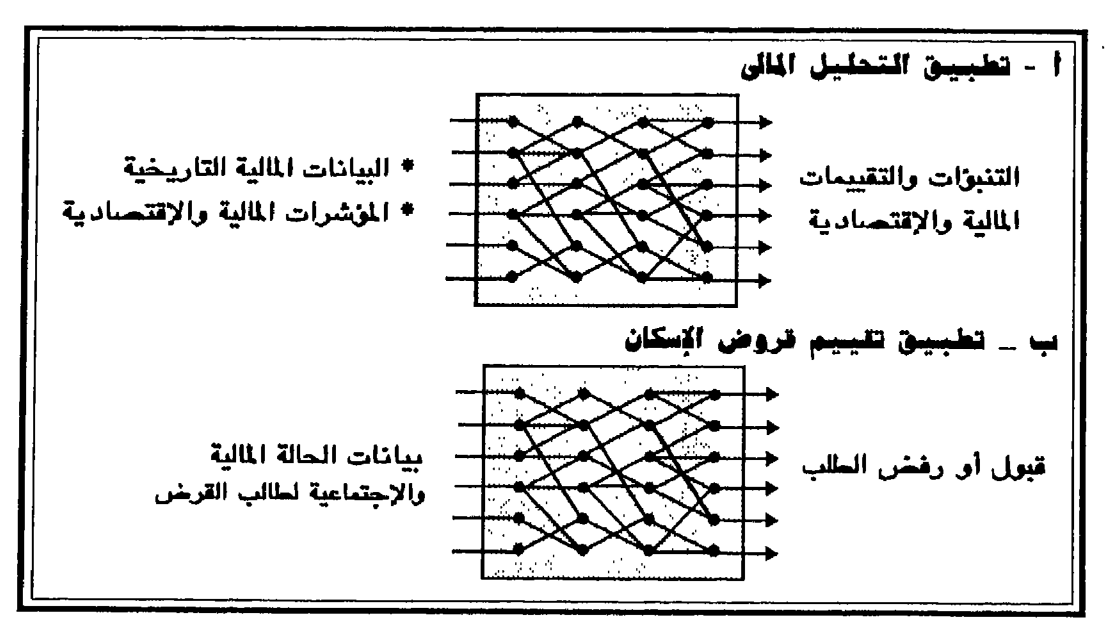
وقد لقى استخدام الشبكات العصبية الإصطناعية فى مختلف المجالات العملية والتطبيقية حماسا شديدا فبتنا نشهد اليوم تزايدا سريعا فى عدد الشركات المهتمة بإنتاج وتسويق النظم المرتكزة على الشبكات العصبية الإصطناعية. فبينما لم يتجاوز عدد هذه الشركات سنة ١٩٨٥ الثلاث شركات، نجد عددها اليوم وقد تجاوز الأربعين شركة. وبدأنا نسمع عن العديد من المنتجات بدءا من مودم(Modem) ينقل البيانات بسرعة ٩٦ كيلوبايت فى الثانية إلى قراءة خط اليد وترميزه بنظام آسكى(ASCII) من إنتاج شركة(Nestor) ، ومرورا بنظام للتعرف على الصورة وتصنيفها وذلك لاستخدامها فى التفتيش على جودة المنتجات الإصطناعية بواسطة الربوتات (Robots) من انتاج شركة (Hetch-Nelsen Neurocomputer Corp).
وسوف نلقى نظرة سريعة على المجالات المختلفة لاستخدام الشبكات العصبية الإصطناعية.



شكل (٢١ - ٢)
خيارات تصميم تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية

١٩ - ٣ التطبيقات الإقتصادية والمالية
(Financial and Economical Applications)

يمكن استخدام الشبكات العصبية الإصطناعية فى تنفيذ عمليات التحليل المالى اللازمة لزيادة الأرباح أو لتجنب الخسائر. وتغطى هذه التطبيقات العديد من المجالات مثل تقييم الأوضاع المالية لشركة أو التنبؤ بسعر سلعة معينة أنظر شكل (١٩ - ٣). فعلى سبيل المثال يمكن للشبكة التى تم تدريبها على عمليات التنبؤ أن تتلقى كمدخل رئيسى البيانات التاريخية المتعلقة بتغير سعر سلعة معينة وكمية المخزون منها وكلا من المؤشرات المالية والتسويقية الخاصة بها لنحصل منها كمخرج على السعر المتوقع لهذه السلعة فى المستقبل. كما تستخدم هذه الشبكات أيضا فى تقييم البيانات المتعلقة بتقديم القروض. ففى حالة قروض الإسكان ، على سبيل المثال ، يتم تغذية الشبكة بكافة البيانات المتعلقة بأوضاع العميل الإجتماعية والمالية لتقوم هى بعد ذلك بتقرير إمكانية تقديم القرض من عدمه وبتقدير حجم المخاطرة فى حالة تقديمه. ويتم تدريب هذه الشبكات التى تحتوى عادة على مايزيد على ٦٠٠٠ وحدة معالجة عصبية بعرض المعلومات المتوفرة عن القروض السابقة عليها. وقد أثبت الشبكات المستخدمة فى هذه النوعية من التطبيقات جدواها الإقتصادية الفائقة بما وفرته لمستخدميها من أموال كان من المحتمل خسارتها نتيجة للقرارات غير الصائبة.



شكل (١٩ - ٣)

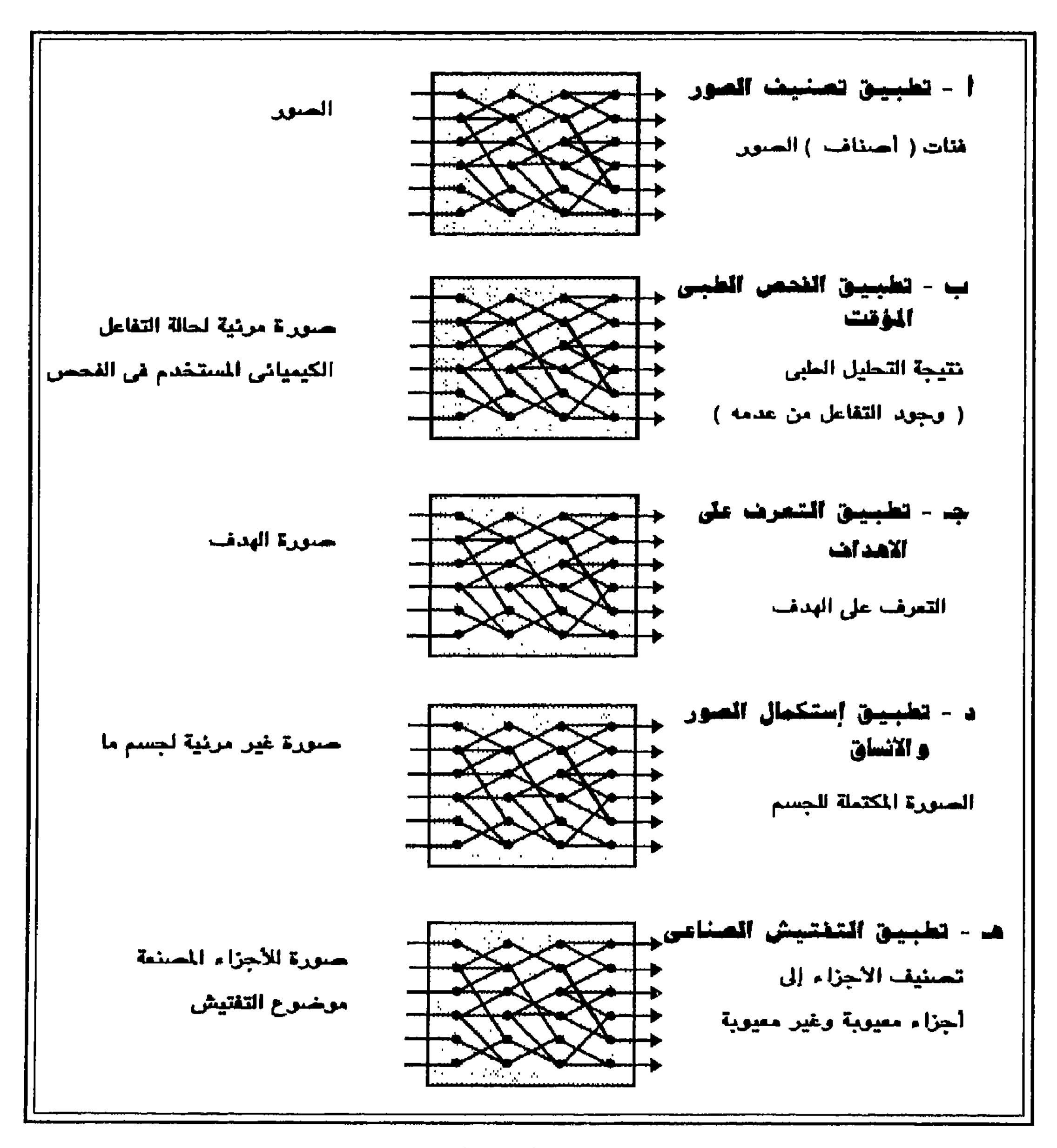
أمثلة للتطبيقات المالية للشبكات العصبية الإصطناعية

١٩ - ٣ تطبيقات تحليل الصور (Image Analysis Applications)

تتنوع تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية المتعلقة بتحليل الصور تنوعا شديدا وذلك كما يتضح بالشكل (١٩ - ٤). وتعتبر الصورة الخام ، أو غير المعالجة ، في كل هذه التطبيقات هي المدخل الرئيسي. وتشمل هذه التطبيقات مثلا : تصنيف الصور (Image Classification) ، الفحوص الطبية الآلية (Automated Medical Tests) ، التعرف الآلي على الأهداف (Automated Targets Recognition) ، التفتيش الصناعي (Industrial Inspection).

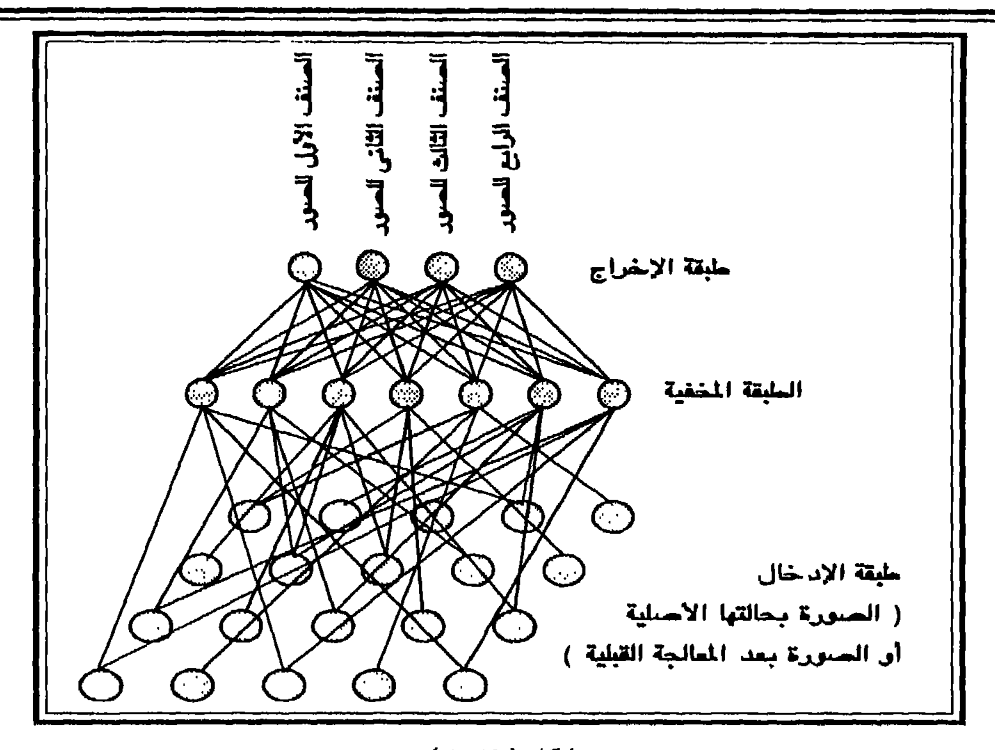
وفي حالة استخدام الشبكات العصبية الإصطناعية في تصنيف الصور تمثل كل وحدة عصبية من وحدات طبقة الإخراج صنفا من أصناف الصور التي سبق وأن دربت الشبكة على التمييز بينها أنظر شكل (١٩ - ٥). أما استخدامها في الفحوص الطبية فيعتمد على أن نتيجة الفحص تتوقف على حدوث تفاعل كيميائي ما من عدمه. فإذا حدث هذا التفاعل كان هذا يعني أن نتيجة الفحص إيجابية ويؤدي هذا إلى صورة مشوشة تخرجها الشبكة كدلالة على حدوث هذا التفاعل. بينما يعني إخراج صورة واضحة عدم حدوث هذا التفاعل ومن ثم نتيجة سلبية للفحص الطبي.

أما في حالة التعرف على الأهداف فإن استجابة وحدات طبقة الإخراج تتغير من هدف لآخر وذلك بناء على صور الأهداف التي سبق وأن تعلمتها الشبكة المخصصة لذلك. ويوضح شكل (١٩ - ٦) مخططا لعملية إلتقاط صورة الهدف بواسطة قمر صناعي تمهيدا لتحليلها بواسطة الشبكة العصبية الإصطناعية لنظام التعرف على الأهداف المسمى بـ (DARPA). ومن التطبيقات وثيقة الصلة بالتعرف على الأهداف تلك المتعلقة باستكمال الأجزاء الناقصة من الصور والأشكال. ويتم تدريب الشبكة في هذه الحالة باستخدام طريقة التعليم الموجه حيث تعرض صورة الهدف المراد التعرف عليه أمام الشبكة كمدخل وكمخرج في نفس الوقت فيتم إختزانها في الشبكة بطريقة موزعة على هيئة نمط محدد من مستويات إستثارة وترابطات بين الوحدات العصبية للطبقات الخفية للشبكة. وفي حالة إستقبال الشبكة لصورة غير مكتملة لجسم ما من تلك الأجسام التي سبق وأن تعلمتها فإنها تتذكره وتقوم باستكمال الأجزاء الناقصة لصورته.



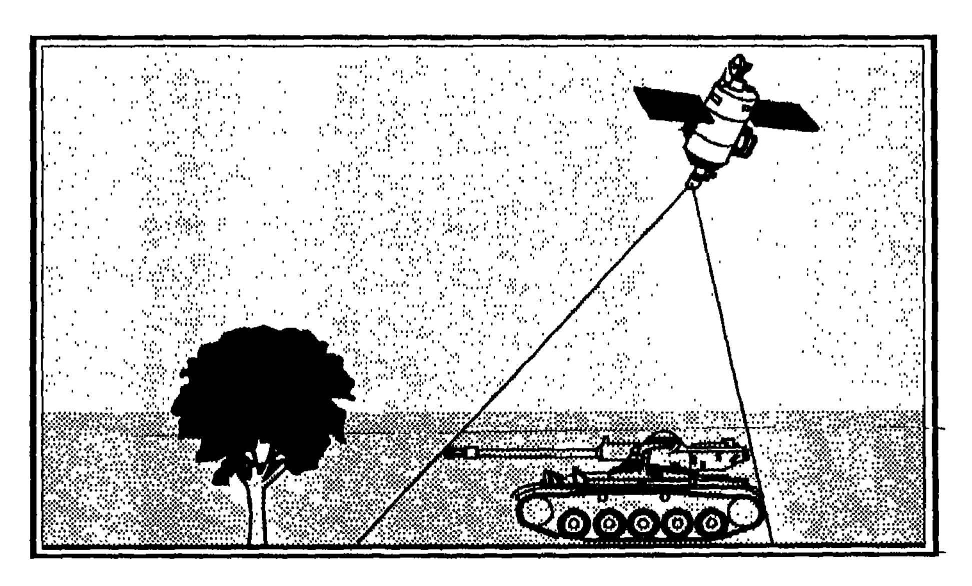
شكل (١٩-٤)

أمثلة لتطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية فى مجال تحليل الصور



شكل (١٩-٥)

الشبكة العصبية الإصطناعية المستخدمة فى تصنيف الصور



شكل (١٩-٦)

إلتقاط صورة الهدف موضوع التحليل بواسطة الأقمار الصناعية

١٩ - ٤ تطبيقات التشخيص (Diagnosis Applications)

يعرف التشخيص بأنه عملية التعرف على وتمييز السبب وراء ظهور موقف ما وذلك كتحديد أسباب مرض معين أو سبب عطل ماكينة وماشابه ذلك من مواقف. ويمكن إعتبار التشخيص حالة من حالات مطابقة الأنساق. والنسق المدخل فى هذه الحالة هو مجموع البيانات أو المعرفة المتعلقة بالأعراض المرضية أو تلك الخاصة بحالة من حالات عطل الماكينة. أما النسق المخرج فهو التشخيص المحتمل لهذا المرض أو الأسباب المرجحة لذلك العطل. ونتوقف هنا لإجراء مقارنة بين نظم التشخيص المبنية على أساس الشبكات العصبية الإصطناعية وتلك المبنية على أساس معمار النظم الخبيرة المرتكز على مفهوم قواعد الإنتاج (Rule-Based Expert Systems). فالنظم الخبيرة فى التشخيص تعتمد اعتمادا أساسيا على صياغة الخبرة البشرية فى صورة قواعد إنتاج تأخذ الشكل العام التالى :

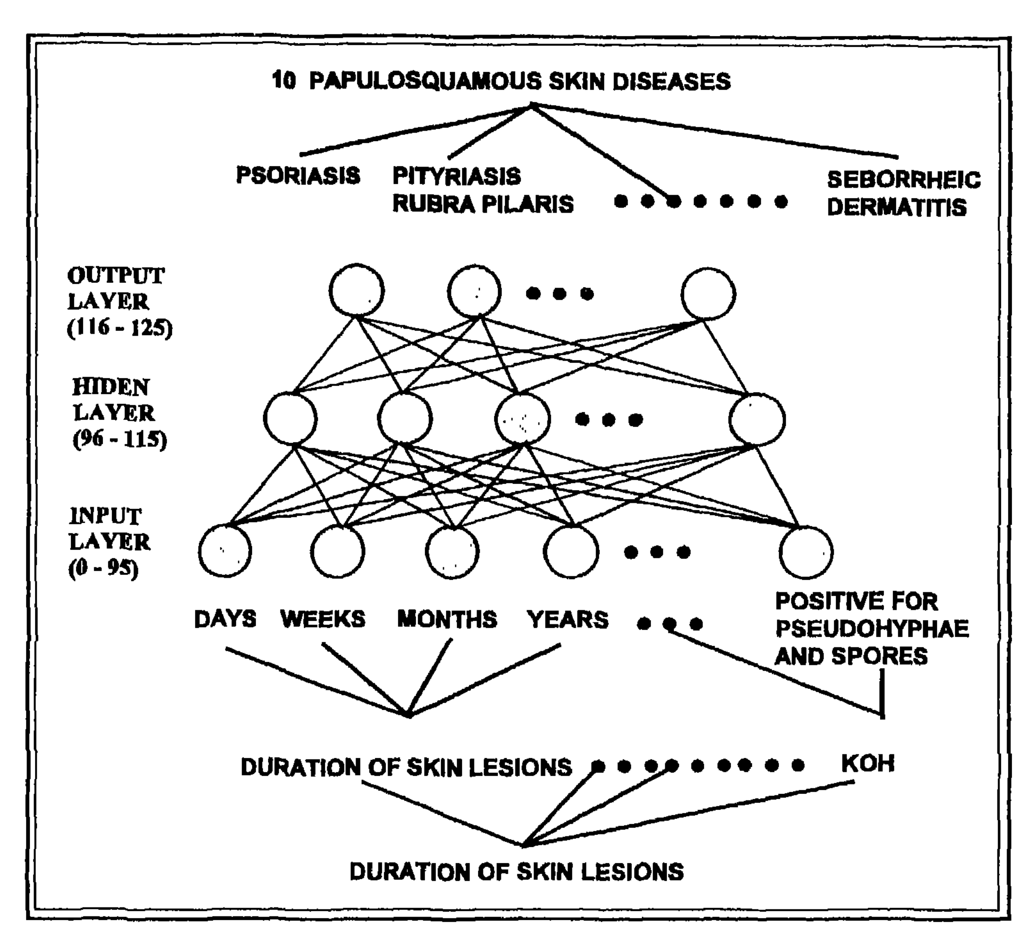
IF <circumstances >
THEN <do action , or conclude somthing>

وقد أثبتت الممارسة العملية أن عملية التشخيص تتطلب عددا هائلا من تلك القواعد وهو أمر ليس يسيرا ويستهلك وقتا طويلا يقضيه مصمم النظام الخبير فى دراسة وتفهم كافة الإحتمالات الممكنة التى قد تؤدى إلى ظهور المرض أو تتسبب فى عطل الماكينة. هذا بالإضافة إلى عجز تلك النظم عن اكتشاف الملامح التى تميز أسباب كل مرض أو عطل. وعلى النقيض من ذلك تقوم الشبكات العصبية الإصطناعية بالتعرف على وتصنيف الأنساق التشخيصية المختلفة بسرعة وبدقة وبدون معرفة مسبقة وفى غيبة البيانات الدقيقة والكاملة.

ويوضح شكل (١٩ - ٧) طوبولوجية (DESKNET) وهى واحدة من الشبكات العصبية الإصطناعية المستخدمة فى تشخيص الأمراض الجلدية والمبنية على أساس نموذج الإنتشار المرتد للخطأ. ويمكن للشبكة المدربة تشخيص عشرة أمراض جلدية مختلفة وذلك انطلاقا من معرفتها بـ ١٨ عرضا بالإضافة إلى نتائج الفحوص الطبية.

ويعتبر تشخيص أعطال الآلات وتحليل أسبابها من التطبيقات الهامة على المستوى العملى والتجارى لنظم التشخيص الآلى. وهناك العديد من التطبيقات الناجحة لهذه النظم فى مجالات محركات الطائرات النفاثة والصورايخ والعربات.

وقد تم استخدام الشبكات العصبيــة الإصطناعيـة أيضـا فـى تشـخيص أعطـال محركـات السيارات حيث تم بناء نظام يمكنـه تشخيص ٢٦ عطلا وذلك بتحليـل ١٦ عنصـر بيانـات تصـف حالـة المحـرك. وقد أوضحت التجارب أن ذلك النظام قادر على التشخيص السليم بنسبة تكـاد تقتـرب مـن ١٠٠ ٪. هـذا بالإضافة إلى سرعة تدريبه وإلى سرعة تشخيصه لأسباب العطل.

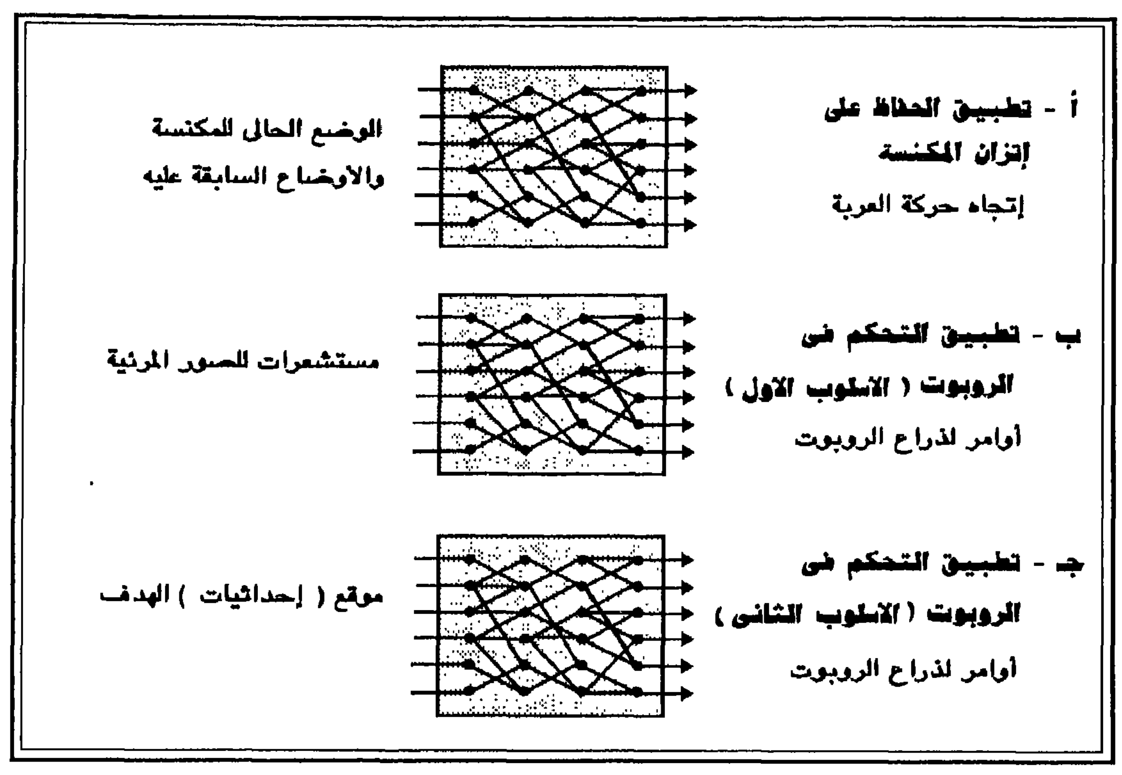


شكل (١٩-٧)
نظام (DESKNET) لتشخيص الأمراض الجلدية
(نظام شبكة عصبية إصطناعية تعمل على أساس الإنتشار المرتد للخطأ)

١٩ - ٥ تطبيقات التحكم الآلى

يغطى إستخدام الشبكات العصبيــة الإصطناعيـة فـى مجـال التحكـم الآلـى مجموعـة عريضـة مـن مشاكله التى تتراوح درجـة تعقدهـا بـدءا مـن البسـيط مثـل المشـكلة التقليديـة للحفـاظ علـى اتـزان مكنسة إلى المعقد مثل مشكلة التسيير الذاتى (Autonomous Control) للمركبات المتحركـة أنظـر

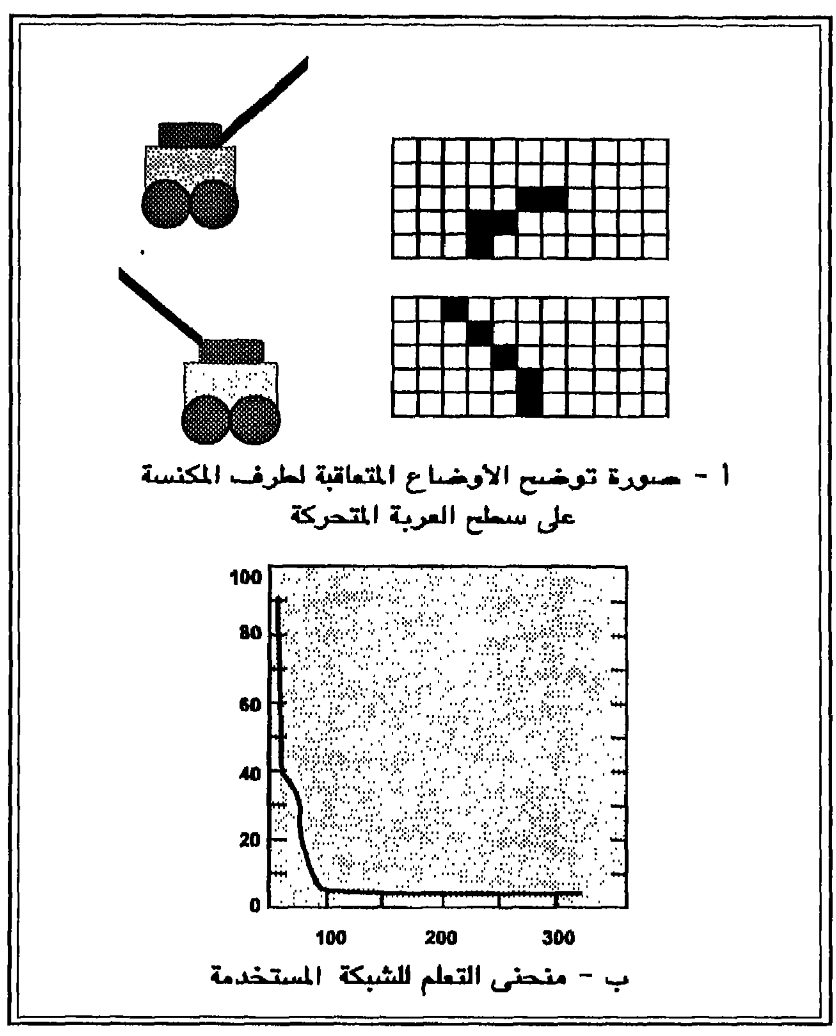
شكل (١٩ - ٨). ومشكلة الحفاظ على اتزان مكنسة تتلخص فى كيفية الحفاظ على الوضع الرأسى لمكنسة مقلوبة وموضوعة على سطح عربة صغيرة تتحرك للأمام والخلف فى محاولة للحفاظ على الوضع الرأسى للمكنسة. أى أن المشكلة هى كيفية تزامن موضع طرف المكنسة على سطح العربة مع حركة العربة نفسها. وقد نجح ويدرو (Widrow 1988) فى حل هذه المسألة. ويوضح شكل (١٩ - ٩) بعض نتائج تجربة محاكاة لهذه المسألة.



شكل (١٩ - ٨)
أمثلة لتطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية فى مجال التحكم الآلى والروبوتيات

وبالطبع كان حل هذه المشكلة بواسطة الشبكات العصبية تمهيدا لاستخدامها فى حل مسائل أكثر واقعية على المستوى العملى. فعلى سبيل المثال تركز الدراسات المتعلقة بالروبوتات على مايعرف بـ" مسألة الكينماتيكا المعكوسة " (Inverse Kinematic Problem). وتتلخص هذه المسألة فى كيفية تحديد حركة ذراع الروبوت اللازمة لوصوله إلى هدف محدد سلفا. وهذه فى حقيقة الأمر مشكلة بالغة التعقيد لاحتراء الروبوت على عشرات الأجزاء المترابطة التى تعتمد حركة كل منها على حركة الأجزاء الأخرى وبطريقة متزامنة. ومما يزيد المشكلة تعقيدا تغير

الأحمال التى على ذراع الروبوت التعامل معها وذلك بالإضافة إلى الطبيعة غير الدقيقة للبيانات التى يعتمد عليها الروبوت فى حركته.



أ - صورة توضح الأوضاع المتعاقبة لطرف المكنسة على سطح العربة المتحركة

ب - منحنى التعلم للشبكة المستخدمة

شكل (١٩-٩)

نتائج تجربة استخدام شبكة عصبية فى حل مشكلة "إتزان المكنسة"

ولحل هذه المشكلة بواسطة الشبكات العصبية الإصطناعية تم اتباع أسلوبين. يعتمد الأسلوب الأول على مستشعر بصرى (Visual Sensor) مثبت على ذراع الروبوت أو فى مكان قريب وذلك لالتقاط صورة للهدف. وتعمل الشبكة العصبية فى هذه الحالة على مطابقة الصورة المستشعرة مع الحركة التى ينبغى على ذراع الروبوت أداؤها. أما الأسلوب الثانى فيعتمد على تحديد الأبعاد الثلاثة

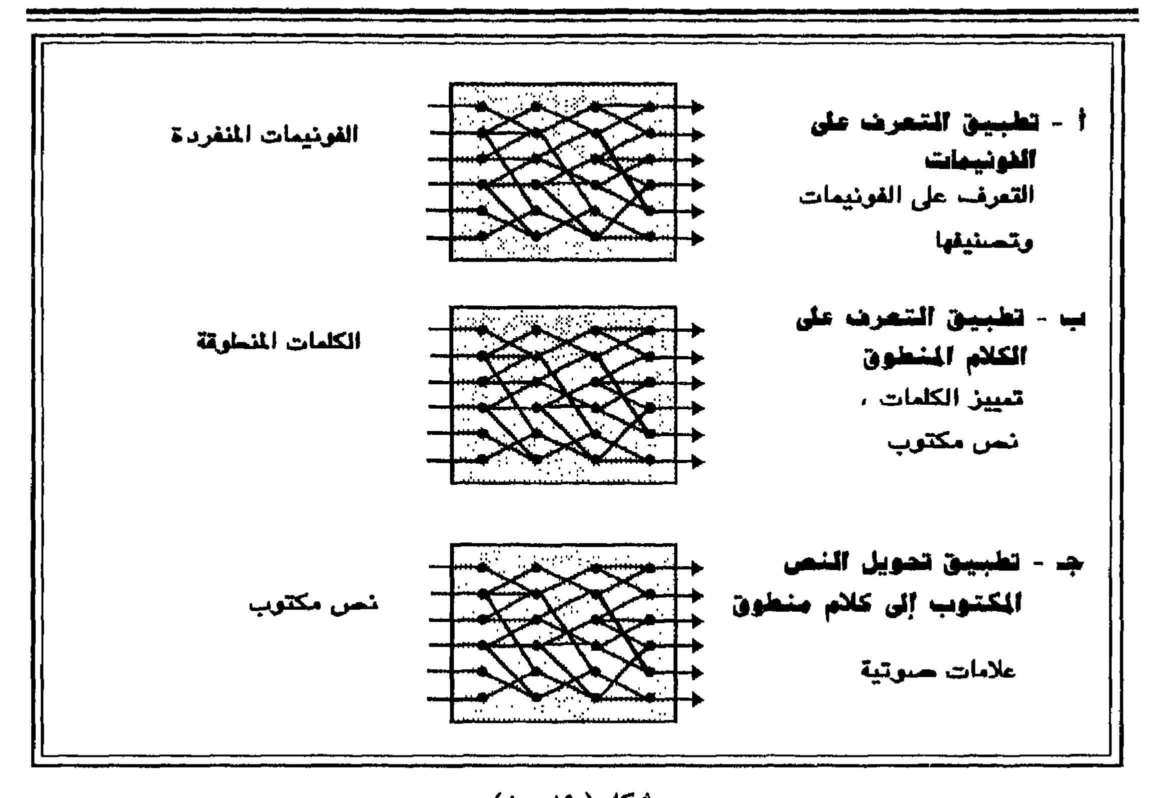
لموقع الهدف المنشود لتتلقاه الشبكة العصبية كمدخل ثم تقوم هى بتحديد الحركة اللازمة لذراع الروبوت.

١٩ - ٦ تطبيقات معالجة اللغات الطبيعية

(Natural Language Processing Applications)

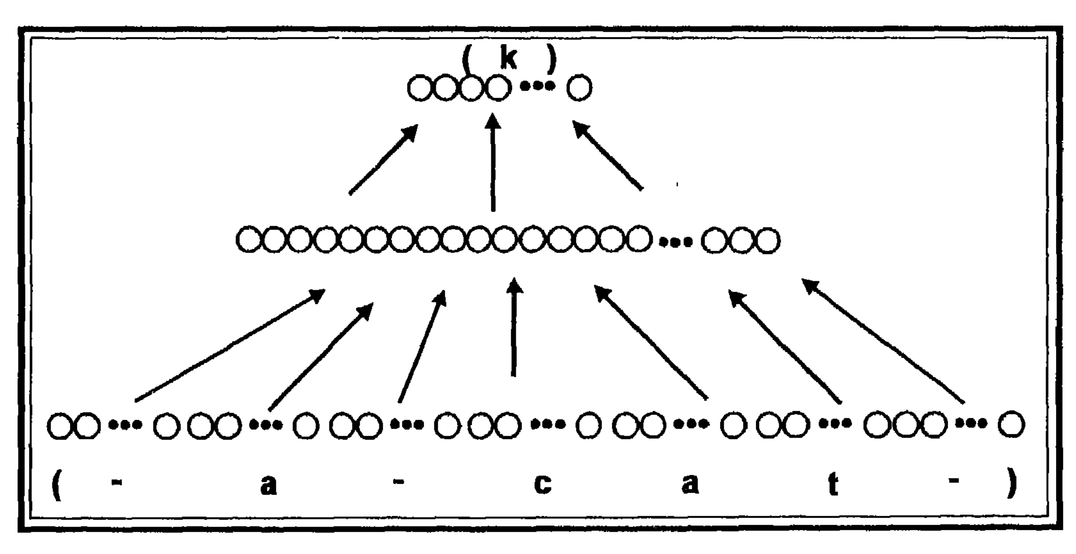
تعتبر مشكلة تحليل الكلام المنطوق من موضوعات معالجة اللغات الطبيعية التى جذبت إهتمام الباحثين فى مجال التطبيقات العملية للشبكات العصبية الإصطناعية أنظر شكل (١٩ - ١٠). وتتضمن هذه المشكلة العديد من المسائل مثل التعرف الآلى على الكلام المنطوق وتحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق. ومن أبرز النظم المستخدمة فى تحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق نظام (NETTALK) الذى تم تطويره فى جامعة جون هوبكنز الأمريكية سنة ١٩٨٧ بمعرفة كل من سينوفسكى (Sejnowski) وروزنبرج (Rosenberg). ويعتمد هذا النظام فى عمله على شبكة إنتشار مرتد للخطأ تحتوى على ٣٠٩ وحدة معالجة عصبية إصطناعية منها ٢٠٣ فى طبقة الإدخال و ٨٠ فى الطبقة الخفية و ٢٦ فى طبقة الإخراج. وقد تم تصميم هذا النظام ليتلقى نصا مكتوبا باللغة الإنجليزية فيقوم بترجمته إلى علامات صوتية (Phonetic Notations) يمكن تحويلها بعد ذلك باستخدام مولد للكلام (Speech Generator) إلى كلام منطوق. وقد استخدم فى تدريب هذه الشبكة ، الذى استغرق أسبوعين فقط ، نصوصا إنجليزية مصحوبة بعلامات صوتية (Phonetic Notations). وقد تجاوز مستوى أداء الشبكة بعد الدورة التدريبية نسبة الـ ٩٠ ٪.

ويوضح شكل (١٩ - ١١) مخططا عاما لطبولوجية هذه الشبكة. وتنقسم وحدات المعالجة العصبية لطبقة الإخراج البالغ عددها ٢٠٣ وحدة إلى سبع مجموعات تحتوى كل منها على ٢٩ وحدة. وتستخدم كل مجموعة من تلك المجموعات فى تمثيل حرف من حروف اللغة الإنجليزية الموجودة فى النص المعروض أمام الشبكة. أى أن السبع مجموعات مجتمعة تمثل نافذة عرض سباعية الخانات (أو الحروف). وتناظر كل وحدة معالجة من الوحدات الـ ٢٩ الموجودة فى كل مجموعة حرفا واحدا من حروف الغة الإنجليزية الـ ٢٦ ، بالإضافة إلى علامتى ترقيم (Punctuation) وعلامة الدلالة على نهاية الكلمة. وتعنى إستثارة وحدة ما وجود حرف معين فى الجزء المعروض من النص خلال نافذة العرض. فعلى سبيل المثال إذا كان حرف الـ A هو أول حرف موجود فى أول خانة من خانات النافذة فإن أول وحدة من الوحدات الـ ٢٩ هى فقط التى سيتم إستثارتها بينما تظل بقية الوحدات فى حالة خمود. وتخصص وحدات الإخراج الـ ٢٦ لرموز العلامات الصوتية المختلفة سواء كانت ألفاظ منفردة (١٩ وحدة معالجة) أو علامات تركيز (Stresses) أو مقاطع لفظية (Syllable Boundaries) خمس وحدات معالجة.



شكل (١٩ - ١٠)

أمثلة من تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية فى مجال معالجة اللغات الطبيعية



شكل (١٩ - ١١)

شبكة (NETTALK) لتحويل النصوص المكتوبة إلى نصوص منطوقة

أما الوجه الآخر لنظم تحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق فهو نظم تحويل الكلام المنطوق إلى نص مكتوب. ومن البديهى أن تكون أول خطوة نحو بناء هذه النظم هى عملية التعرف على الكلمة المنطوقة وتمييزها كنسق من الوحدات الصوتية المنطوقة طبقا لتعاقب زمنى معين. أو بعبارة أخرى إدراكها كتيار من " الفونيمات " (Phonemes). وتعود صعوبة هذا الأمر إلى أن الوحدات الصوتية المنطوقة لاتعنى شيئا فى حد ذاتها ولكنها تعمل على استثارة ماهو مختزن فى ذاكرة من ينصت إليها فيتمكن من تمييزها. أى أن الذاكرة البشرية هى التى تقوم بتجميع تلك الأصوات المتفرقة لتخرج منها بكلمات ذات معنى. ويعنى هذا الأمر من منظور المعالجة العصبية للمعلومات أن أى تعاقب زمنى معين للأصوات لابد وأن يؤدى إلى إستثارة وحدات المعالجة العصبية الموجودة فى منطقة محددة من الشبكة غير تلك التى قد يستثيرها تعاقب آخر لأصوات مختلفة. فالمنطقة التى تستثيرها كلمة " قطة " لابد وأن تختلف عن تلك التى تستثيرها كلمة " بطة " على سبيل المثال. ويتم تصميم وتنفيذ أغلب النظم مثل نظام (TRACE) الذى يعد من أول النظم الناجحة فى هذا المجال بتكوين شبكة عصبية إصطناعية ثلاثية الطبقات. وتخصص الطبقة السفلى (طبقة الإدخال) لتلقى تيار الفونيمات (الوحدات الصوتية المنطوقة) والتعرف على ملامحها الصوتية المميزة وتمكن الشبكة ، عبر طبقتها الوسطى ، من التعرف عليه. وتحتوى الطبقة الوسطى للشبكة على عدد من وحدات المعالجة العصبية يماثل عدد الفونيمات. لذا بمجرد أن تتعرف الطبقة السفلى على الملامح الصوتية للوحدة الصوتية (الفونيم) ، يتم استثارة وحدة المعالجة المناظرة لها والموجودة فى الطبقة الوسطى. والآن وبعد أن تعرفت الطبقة الوسطى على الملامح الصوتية لكل فونيم من فونيمات العبارة المنطوقة وتمكنت الطبقة الوسطى من تمييزه ، يأتى دور الطبقة العليا (أو طبقة الإخراج) لتتعرف على مجموعة الفونيمات التى تشكل الكلمة. فوحدات المعالجة العصبية الموجودة فى هذه الطبقة هى المسئولة عن تمييز تيار الفونيمات.

١٩ - ٧ تطبيقات أخرى

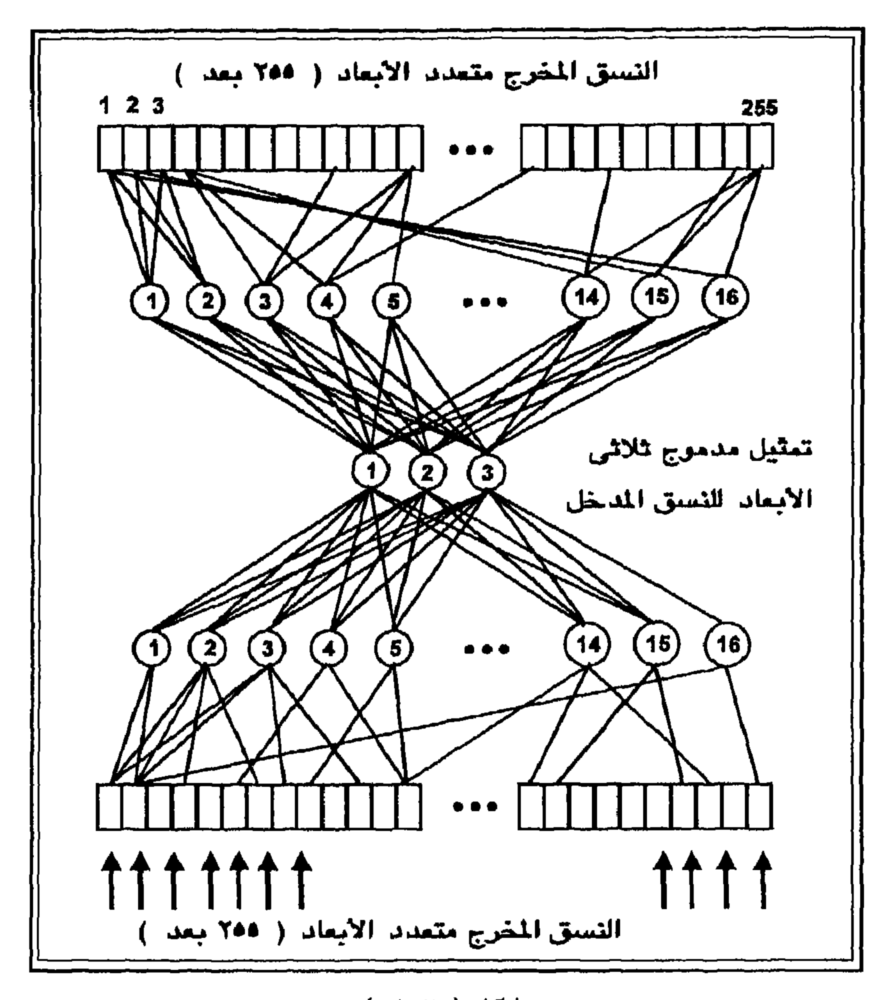
توجد بالإضافة إلى التطبيقات التى عرضنا لها فى الأقسام السابقة العديد من التطبيقات الأخرى التى تغطى مجالات مختلفة. فقد تم ، على سبيل المثال ، تطوير نظام شبكة عصبية لتمييز إشارات السونار (Sonar Signals) المنعكسة من أجسام مغمورة تحت الماء والتى تعتبر من المشاكل الصعبة حتى بالنسبة للإنسان. ويتكون هذا النظام من ثلاث طبقات ويعتمد على نموذج شبكات الإنتشار المرتد للخطأ. وقد دربت تلك الشبكة على تمييز إشارات السونار المنعكسة من صخرة عن تلك المنعكسة من إسطوانة كليهما مغمور تحت الماء.

ومن التطبيقات غير المعتادة للشبكات العصبية تلك المتعلقة بـ " الترميز المدموج للمعلومات " (Compact Encoding of Information) حيث يتم تدريب الشبكة على تطوير قدرتها

على الترميز المدموج لمجموعة من الأنساق. وفى العادة تتكون هذه الشبكات من ثلاث طبقات أو أكثر مع مراعاة صغر أحد الطبقات الخفية. وتتكون المواد التدريبية اللازمة لتدريب الشبكة على عمليات الترميز المدموج من مجموعة من الأنساق المطلوب ترميزها حيث تستخدم المعلومات المتعلقة بتلك الأنساق والمنتشرة عبر طبقات الشبكة فى تعليم الشبكة كيفية إدخالها فى طبقتها الخفية صغيرة الحجم. ويوضح شكل (١٩ - ١٢) نظاما للترميز المدموج للصور (Kuzewski, Myers, and Craford 1987) يتكون من شبكة إنتشار مرتد للخطأ خماسية الطبقات ، طبقتان للإخراج والإدخال وثلاث طبقات خفية. وبينما تحتوى كل من طبقتى الإدخال والإخراج على ٢٥٦ وحدة معالجة عصبية ، تحتوى الطبقات الخفية مجتمعة على ٣٥ وحدة فقط موزعة كالآتى : ١٦ وحدة فى كل من الطبقتين الخفيتين الملاصقتين لطبقتى الإدخال والإخراج ، وثلاث وحدات فقط للطبقة الخفية الداخلية التى تختزن التمثيل المدموج (Compact Representation) للصور.

ومن المشاكل الأخرى التى تم استخدام الشبكات العصبية فى حلها مشكلة "تذكر التعاقب" (Sequence Recall) حيث يتطلب الأمر من كل نسق (النسق المدخل) أن يتذكر النسق الذى يليه (النسق المخرج) وهكذا. وتمثل الشوشرة إحدى أوجه الصعوبة لهذه المشكلة حيث ينبغى على الشبكة تمييز النسق المدخل عن الشوشرة التى قد تصحبه.

ونختم حديثنا عن تطبيقات الشبكات العصبية الإصطناعية واستخداماتها المختلفة فى مختلف المجالات بواحدة من أخف تلك التطبيقات ظلا وهى استخدامها فى بناء " المخلوقات الإصطناعية " (Artifcial Creatures). والمخلوق الصناعى هو نظام متكيف (Adaptive) يتحرك فى البيئة المحيطة ويستجيب لما يقع فيها. وواحد من تلك المخلوقات ، على سبيل المثال ، يستجيب للمؤثرات الضوئية الداخلة إليه من البيئة المحيطة به والتى تمثل فريسة معينة فيتحرك يسارا أو يمينا أو إلى أعلى وأسفل محاولا إقتناصها. وواحد آخر من تلك المخلوقات تم تعليمه سلوكا يماثل سلوك الفراشات فبمجرد إحساسه بوجود مصدر للضوء تراه وهو يتجه نحوه فى خطوات راقصة ويدور حوله فى رشاقة راقصة الباليه. وبالطبع لايعتبر تطوير هذه المخلوقات مضيعة للوقت بل هو تمهيد لإنشاء نظم أكثر تعقيدا ويمكنها إنتاج سلوك واستجابات أكثر تعقيدا لما يحدث فى بيئتها.



شكل (٢١ - ١٢)

مثال لمعمار شبكة عصبية إصطناعية تستخدم فى الترميز المدموج للمعلومات



الفصل العشرون

الإتجاهات المستقبلية



٣٠ - ١ الآفاق والحدود

شهدت النماذج الحاسبية (Computational Models) المرتكزة على الشبكات العصبية الإصطناعية تطورا هائلا منذ بدايتها الأولى فى الخمسينات وحتى يومنا هذا وهو التطور الذى انتقل بمعمارها من مرحلة المعمار الثنائى للطبقات الذى يتطلب لتنفيذه معدات حاسبية (Hardware) معقدة إلى مرحلة محاكاة شبكات عصبية متعددة الطبقات وتحتوى على مئات الآلاف من وحدات المعالجة العصبية الأولية وذلك على الحواسب المتوفرة حاليا. كما تطورت النماذج البيولوجية للشبكات العصبية الإصطناعية من النموذج البسيط للعصب (الخلية العصبية) الثنائى الحالات إلى نماذج أكثر تعقيدا.

وبالرغم من هذا التقدم المذهل إلا أنه مازالت هناك العديد من الأمور والمسائل التى تحد من هذا التقدم وتفرض عليه حدودا يصعب عليه تخطيها. ومن أهم المسائل الحاكمة لهذا التطور وأكثرها تأثيرا مسألة تمثيل المعلومات (Information Representation) ومسألة زيادة (Scaling Up) حجم الشبكات. فحل المشاكل الواقعية من قبيل معالجة الرؤية والكلام باستخدام الشبكة العصبية الإصطناعية يتطلب القدرة على التعامل مع كم هائل من المعلومات سواء كان هذا التعامل تحليلا لتلك المعلومات أو تركيبا لها أو توفيقا بينها.

ومن ناحية أخرى يتطلب حل هذه المشاكل استخدام أعداد هائلة ، تقدر بعشرات الألوف على أقل تقدير ، من وحدات المعالجة العصبية الأولية (العصب). فقد بينت الدراسات الأولية أن تمييز الكلام يتطلب على الأقل 10^5 من تلك الوحدات بينما يرتفع هذا العدد إلى 10^{10} فى حالة التعامل مع المرئيات. وهناك العديد من المشاكل المتعلقة بزيادة الحجم مثل زيادة الزمن اللازم لإتمام العمليات الحسابية بشكل حاد. هذا بالإضافة إلى ظهور مشكلة أوضاع الإستقرار الموضعية (Local Minima) التى تشل حركة تطور تعلم الشبكة وتحصرها فى أوضاع محددة قد لاتكون هى الأوضاع المطلوبة. وأحد حلول مشكلة زيادة الحجم هو الحل المادى أو الحل الذى تقدمه هندسة المكونات (Hardware) والمتمثل فى بناء معدات متخصصة مثل الدوائر المتكاملة فائقة الإندماج (Very Large Scale Integrated (VLSI)) بحيث يتلائم معمارها مع معمار النماذج المختلفة للشبكات العصبية الإصطناعية. أما الحل الثانى لهذه المشكلة فهو الحل المعنوى أو الحل الذى تقدمه هندسة البرمجيات (Software) متمثلا فى تطوير خوارزميات حل جديدة وغير تقليدية تزيد من سرعة تعليم الشبكات.

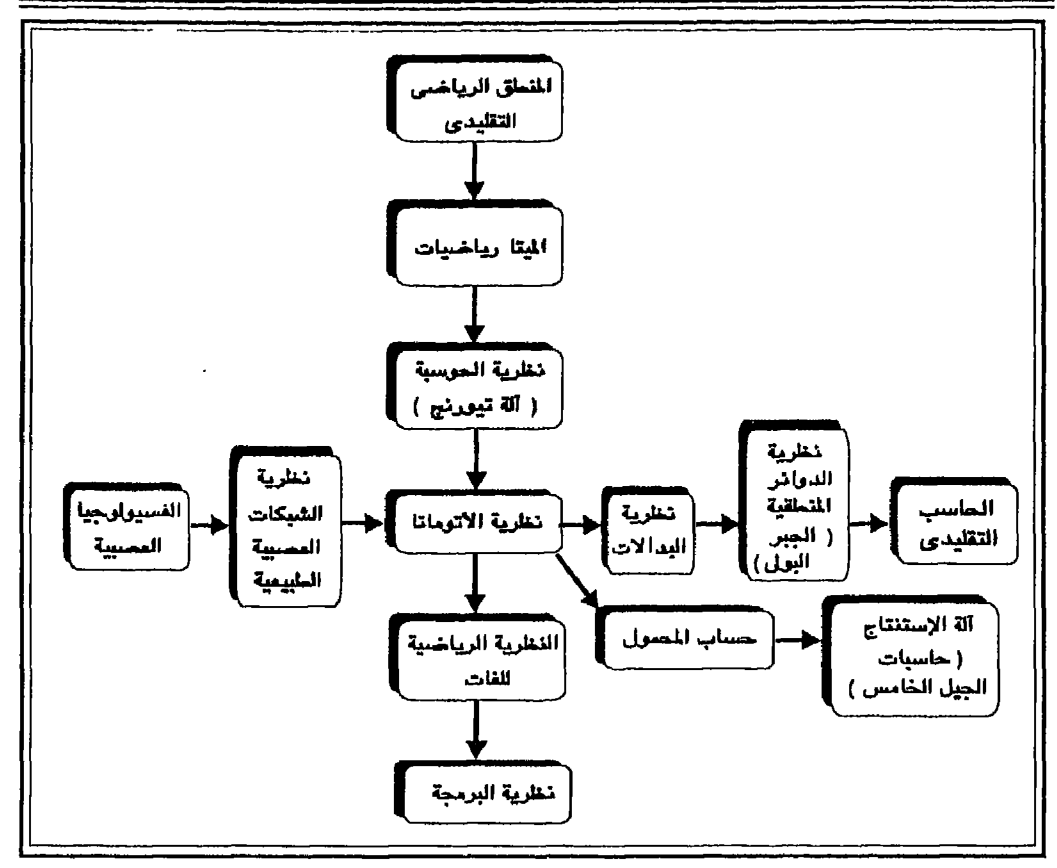
ويعتبر تمثيل المعلومات والمعالجة القبلية (Preprocessing) للمعلومات والبيانات من الأمور التى تؤثر على كفاءة أداء الشبكات العصبية خاصة فى حالة تعاملها مع المشاكل الواقعية بالغة التعقيد. وترجع أهمية المعالجة القبلية للبيانات إلى أنها تقوم بأداء أعمال التجهيز ، مثل بعض عمليات التصنيف أو المطابقة أو التنقية ، مما يوفر للشبكة الوقت اللازم لأداء تلك الأعمال.

ويتطلب التقدم فى استخدام الشبكات العصبية دراسة متعمقة لموضوعات مثل : تقييم قدرات الشبكات التى تم تدريبها ، وإمكانية تتبع أعمالها (Accountability) ، ودرجة إعتماديتها (Reliability). فمن أهم التحديات التى تواجه الشبكات العصبية الإصطناعية هى إثبات مقدرتها على تقديم حلول غير تقليدية وفعالة لايمكن للطرق التقليدية المعمول بها الآن أن تقدمها.

٢٠ - ٢ النظم العصبية الضوئية

أوضحنا فى القسم السابق أن هناك أسلوبين رئيسين لتنفذ نظم الشبكات العصبية الإصطناعية. الأسلوب الأول ، وهو الأكثر إنتشارا على الصعيد التجارى ، يقوم على استغلال هندسة البرمجيات فى تطوير محاكيات برمجية لتلك الشبكات وذلك باستخدام لغات البرمجة المتاحة ليتم بعد ذلك تشغيلها على الحواسب التقليدية. إلا أن اتباع هذا الأسلوب يحمل فى طياته تناقضا جوهريا وذلك لاختلاف الأسس والمفاهيم التى تقوم عليها مكونات نظم الحوسبة التقليدية - سواء كانت تلك المكونات مكونات معنوية كالبرمجيات (Software) أو كانت مكونات مادية (Hardware) - عن تلك التى تقوم عليها مكونات الحوسبة العصبية (Neural Computing) متمثلة فى الشبكات العصبية الإصطناعية بنماذجها المختلفة أنظر شكل (٢٠ - ١).

وعلى سبيل المثال تقوم البرمجيات التقليدية على مفهوم الخوارزمية (Algorithm) التى هى "سلسلة من التعليمات أو الخطوات الواضحة والمحددة التى تصف بدقة بالغة كيفية الوصول إلى حل مشكلة معينة وذلك إنطلاقا من المعطيات المتوفرة ". ويتطلب تصميم وتنفيذ خوارزمية حل مشكلة معينة تحقق العديد من الشروط مثل التعريف الجيد والمحدد والواضح لهذه المشكلة ، والفرض المسبق بوجود حل مضبوط ومكتمل لها ، وتوفر بيانات دقيقة وشاملة عنها. وهى شروط لاتتوفر عادة فى المشاكل التى تبرع الشبكات العصبية فى حلها مثل مشكلة التعرف على الأشكال والأنساق وتصنيفها.

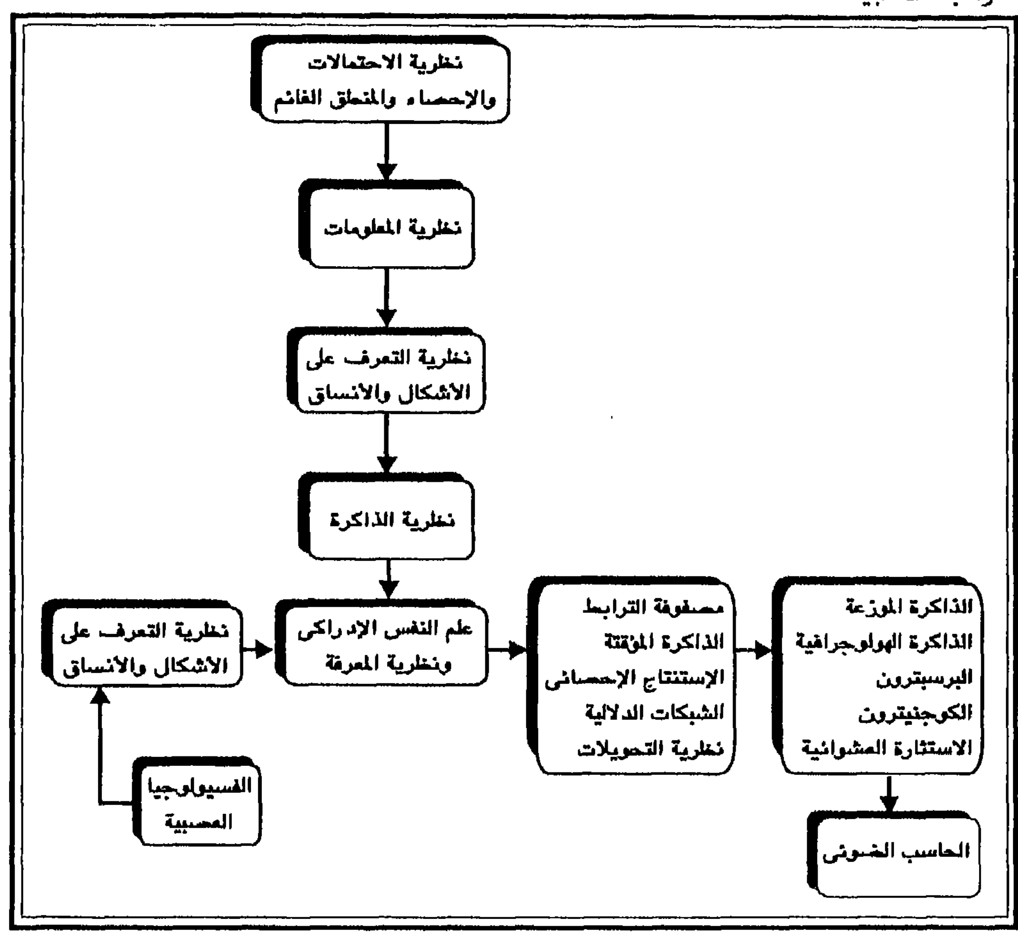


شكل (٢٠-١)

مخطط الأسس النظرية للحاسب التقليدى

وبالطبع تتطلب هذه الملامح الفريدة لنظم الحوسبة العصبية- التى تتميز بها عن غيرها من نظم الحوسبة التقليدية- مقدرة فائقة على تخزين كم هائل من البيانات والمعلومات ومقدرة على معالجتها والتعامل معها. وتقودنا هذه الحقيقة إلى الأسلوب الثانى من أساليب تنفيذ نظم الحوسبة العصبية وهو أسلوب التطوير المادى لمكوناتها. ويقتضى هذا الأسلوب بناء مكونات مادية يشبه معمارها معمار هذه الشبكات. وهذا يعنى ضرورة حشد أعداد هائلة من وحدات المعالجة الأولية بمختلف أشكالها فى حيز بالغ الصغر. وعلى الرغم من النجاحات المشهودة لتكنولوجيا تصنيع الدوائر المتكاملة فائقة الإندماج (VLSI) تبقى هناك حدود لايمكن إجتيازها وهى الحدود الفيزيائية التى تفرضها طبيعة الوسيط المستخدم فى تمثيل ونقل البيانات بداخل تلك الدوائر وهو التيار الكهربائى أو الإلكترونات. إذ تؤدى زيادة عدد المكونات الموجودة على رقاقة السيليكون (Chip) الواحدة صغيرة الحجم إلى تقارب مسارات الإلكترونات من بعضها البعض ومن ثم تفاعلها مما يؤثر تأثيرا هداما على أداء الدائرة ككل. هذا بالإضافة إلى التأثيرات المدمرة التى تنشأ من الطاقة الحرارية المولدة من هذا الحشد من المكونات الشرهة للطاقة. وقد دفعت هذه الأمور وغيرها بالكثيرين للتفكير فى

استخدام وسيط آخر هو الضوء فى تمثيل ومعالجة ونقل البيانات ومن ثم بناء المكونات المادية التى تحقق هذا وتقود فى نهاية الأمر إلى الحاسب الضوئى. ويحقق هذا المنحى الجديد فى التفكير العديد من المزايا التى من أهمها إمكانية حشد عدد ضخم من وحدات المعالجة الضوئية الأولية دون الخشية من حدوث تفاعلات مدمرة كما هو الحال عند استخدام الإلكترونات. كما يتيح استخدام الضوء إمكانية تخزين كم هائل من البيانات وإمكانية استرجاعها فى زمن يقل بطريقة مذهلة عن ذلك اللازم لاسترجاعها من وسائل التخزين التقليدية. ويوضح شكل (٢٠ - ٢) مخططا للأسس النظرية التى يقوم عليها الحاسب الضوئى. وهكذا تقدم المعالجة الضوئية للبيانات أسسا مادية جديدة لبناء وتنفيذ نظم الحوسبة العصبية.



شكل (٢٠ - ٢)

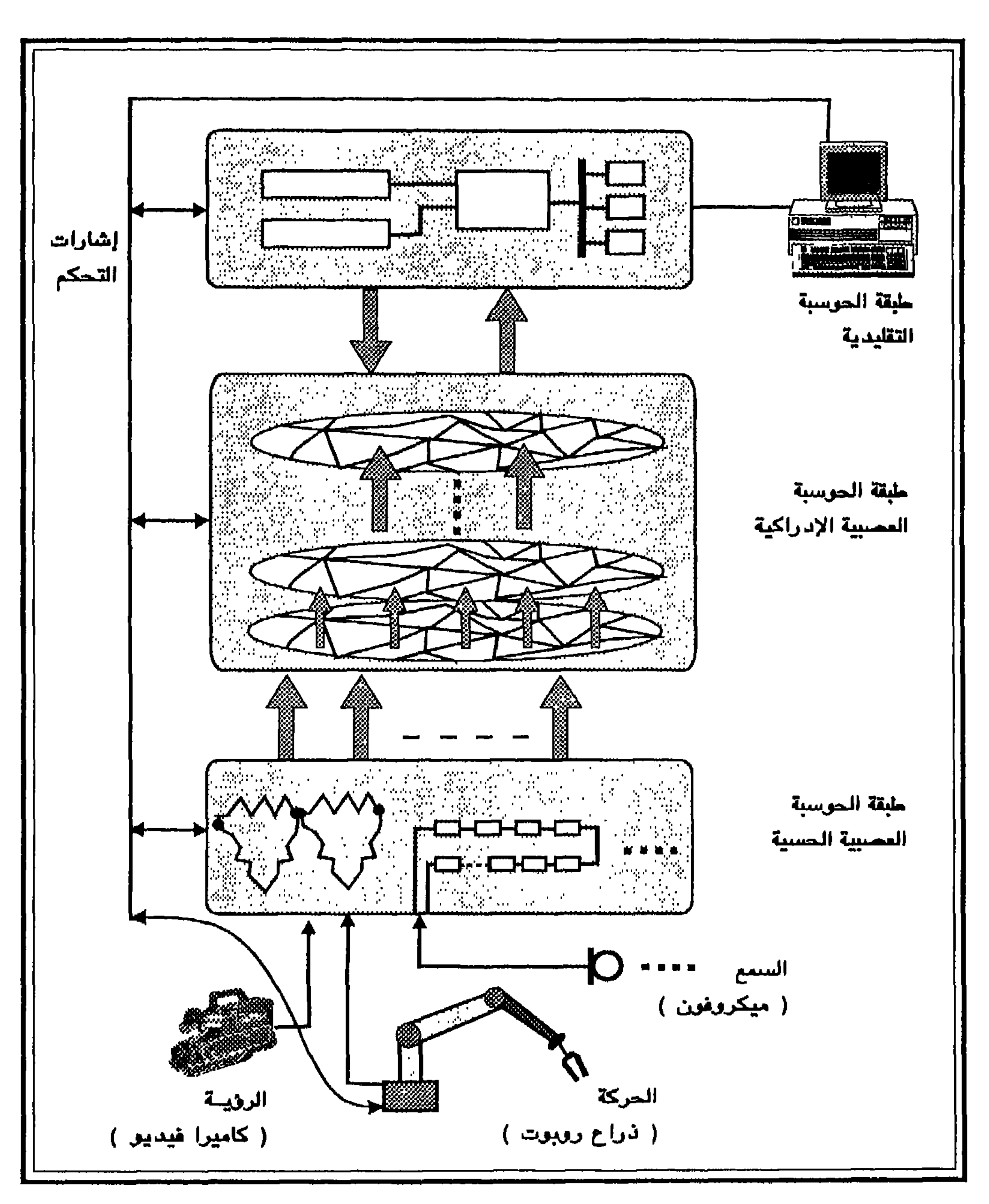
مخطط الأسس النظرية للحاسب الضوئى

٢٠ - ٣ الحوسبة فى المستقبل : رؤية شاملة

والآن وبعد أن استعرضنا فى فصول الكتاب المختلفة المنطلقات البيولوجية والأسس النظرية للحاسب العصبى بوصفه رؤية جديدة للحوسبة (Computing) تختلف اختلافا جوهريا عن الرؤية التقليدية التى سادت عالم الحوسبة حتى يومنا هذا ، وبعد أن استعرضنا التطبيقات العملية له فى مختلف المجالات ، وبعد أن أوضحنا بعض القيود التى تحد من استغلال كافة إمكانياته ، وبعد حديث موجز عن الآفاق التى تفتحها المعالجة الضوئية أمام التنفيذ المادى لمكونات الحاسب ، بعد هذا كله يكون من حقنا التساؤل عن مكان ومكانة هذا الحساب العصبى فى إطار الحوسبة فى المستقبل. فالحساب العصبى يقدم الكثير من الأفكار الأصلية والتقنيات المستحدثة للباحثين فى شتى فروع العلم والمعرفة. فهو يقدم للباحثين فى الفسيولوجيا العصبية خلفية تساعدهم على تفسير مشاهداتهم المعملية فى مجالات الحس المختلفة من رؤية وسمع وغيرها ، وهو يقدم لعلماء الرياضيات تقنيات جديدة لحل العديد من المشاكل المعقدة مثل مشكلة الأمثلة (Optimization) ومشكلة البائع المتجول (Salesman Problem) ، وهو يتيح لعلماء الفيزياء فرصة لاختبار نظريات ونماذج جديدة لسلوك المادة. والسؤال الآن هو عما يمكن أن يقدمه هذا الحساب لمجال الحوسبة وعن كيفية إحتواء ماجاء به من أفكار وتقنيات ضمن آليات الحوسبة التقليدية الحالية لتضفى عليها قدرات جديدة نفتقدها اليوم.

ويمكن إيجاز نتائج الجهود المبذولة للإجابة عن هذا السؤال فى مخطط لمعمار نظام حوسبة عام يتضمن ثلاث طبقات رئيسية هى : أنظر شكل (٢٠ - ٣).

- ❑ طبقة الحوسبة التقليدية.
- ❑ طبقة الحوسبة العصبية الإدراكية(Cognitive) ، وهى الطبقة التى تحتوى على الشبكات العصبية الإصطناعية التى تحاكى آليات الإدراك عند الإنسان وتتطلب استخداما مكثفا للمعرفة والخبرة وتحتاج إلى تعلم وتدريب وذلك مثل عمليات فهم وتفسير المرئيات والمسموعات. وقد تعرضنا فى أكثر من موضع لمثل هذه الشبكات.
- ❑ طبقة الحوسبة العصبية الحسية (Sensory) ، وهى الطبقة التى تحتوى على الشبكات العصبية الإصطناعية المستخدمة فى محاكاة عمليات الحس المختلفة وفى التمييز بين الأشكال المختلفة للمؤثرات البيئية المختلفة التى تدخل إلى النظام العام للحوسبة عبر معدات أو أجهزة ، سواء كانت تلك المؤثرات مرئية تدخل إلى النظام عبر كاميرا فيديو ، أو مسموعة تدخل إليه عبر ميكروفون ، أو حركية يستشعرها من خلال ذراع روبوت ، أو كانت على هيئة قياسات تقوم بها مستشعرات (Sensors) مثبتة فى مكان أو آخر.



شكل (٢٠ - ٣)

معمار نظام الحوسبة المستقبلية

وترتكز التفرقة بين كل من طبقة الحوسبة العصبية الحسية وطبقة الحوسبة العصبية الإدراكية على أساس أن مكونات الطبقة الأولى ذات وظيفة ثابتة ومحددة ولاتتطلب تدريبا أو تعليما كما هو الحال مع مكونات الطبقة الإداركية. إذ تقتصر وظيفة تلك المكونات على استشعار مايحدث فى الواقع من أحداث وعلى التفرقة بين أشكاله المختلفة وتقديم خلاصة ماتستشعره إلى مكونات الطبقة الثانية لتقوم هى بفهمه وتفسيره. فعلى سبيل المثال لو كان مطلوبا من النظام إكتشاف وجود صندوق مستطيل ، سيكون من الأسهل أن تقدم الطبقة الحسية للطبقة الإدراكية الملامح العامة التى تميز الصندوق المستطيل عن غيره من الأشكال الأخرى للصناديق وذلك بغض النظر عن زاوية النظر إليه أو عن زاوية إضاءته. ويوضح شكل (٢٠ - ٤) مخططا لبيان توزيع وتكامل الأدوار بين طبقة الحس وطبقة الإدراك. ويتضح من هذا الشكل أن دور مكونات الطبقة الحسية يقتصر على استخلاص الملامح العامة للصندوق المستطيل متمثلة فى الهيئة التى تنتظم عليها حوافه لتقدمها بعد ذلك للطبقة الإدراكية على صورة " إسكتش " وتتلقى الطبقة الإدراكية هذا الإسكتش لتفسره وتدرك أنه يمثل صندوقا مستطيلا.

٢٠ - ٤ أمثلة لبعض مكونات نظم الحوسبة العصبية الحسية

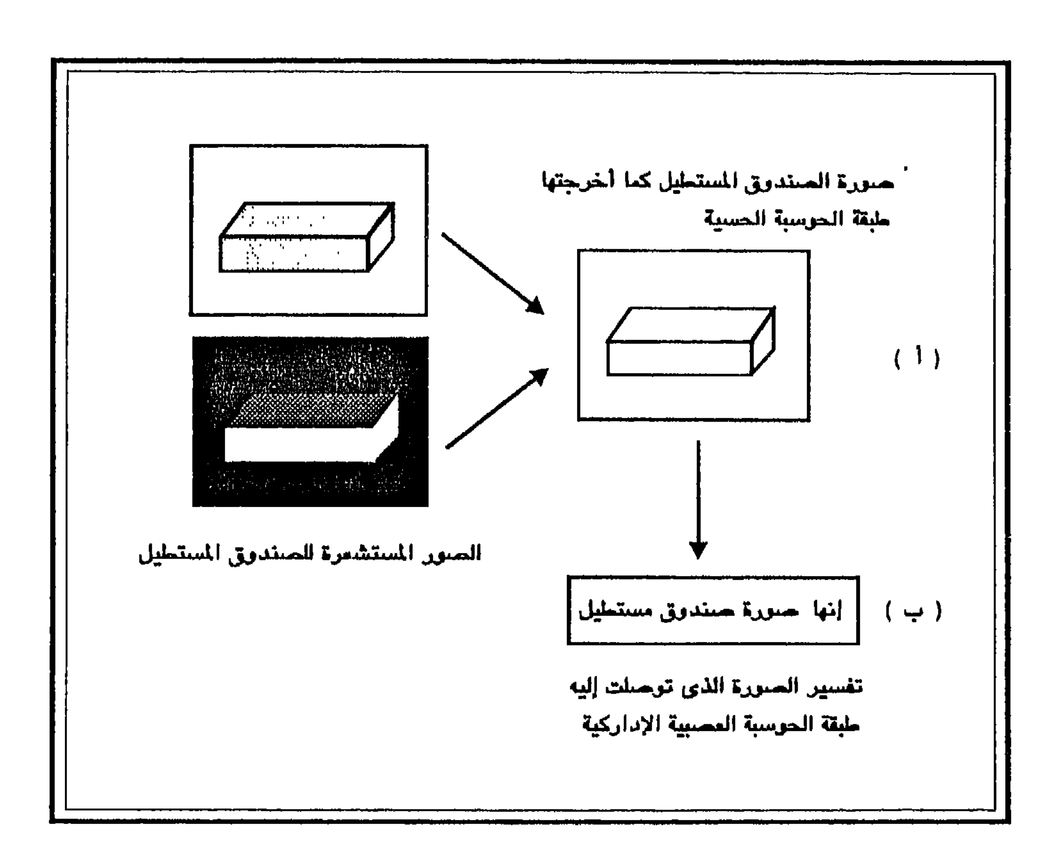
تعد إنجازات ميد (Mead, ١٩٨٩) ورفاقه من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا من أبرز أمثلة مكونات طبقة الحوسبة العصبية الحسية. فقد أتم هذا الفريق بنجاح بناء العديد من النظم التناظرية (Analog) المرتكزة على التطوير المادى لمعمار الشبكات العصبية الإصطناعية. ومن أهم تلك النظم :

- نظام سى هير (SeeHear) ، وهو نظام مصمم لمساعدة المكفوفين على استشعار المصادر الضوئية.
- نظام إستشعار ضوئى لحركة الأجسام.
- أذن داخلية (Cochlea) إلكترونية.

ويتكون نظام سى هير الموضح بالشكل (٢٠ - ٥) من رقاقة سيليكون عليها شبكة عصبية إصطناعية تتكون من ثلاثة أنواع مختلفة من وحدات المعالجة الأولية التى تختلف وظيفة كل نوع منها عن وظيفة النوع الآخر. وهدف هذا النظام هو مساعدة الشخص الكفيف على الإحساس بوجود المصدر الضوئى وعلى تحديد إتجاهه وارتفاعه بالنسبة لرأس الكفيف. ويتم هذا الأمر بتحويل المؤثرات الصوتية التى تتلقاها كاميرا الفيديو المثبتة على رأسه إلى مؤثرات صوتية تصل إلى أذنيه

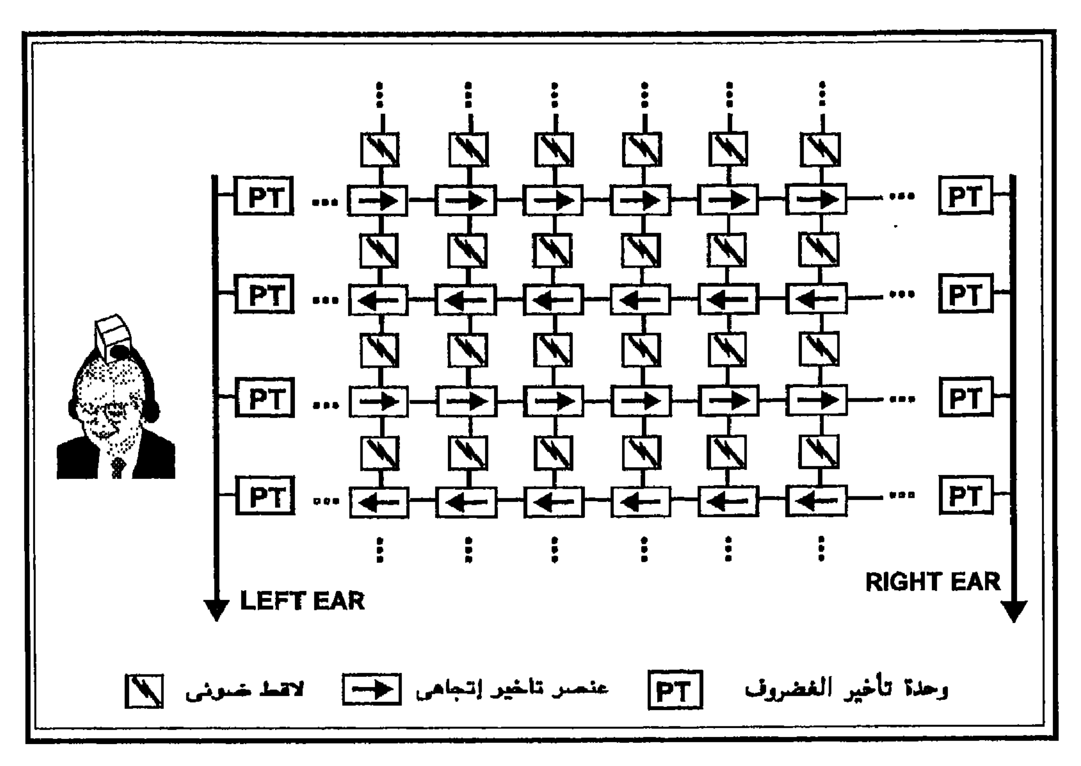
عبر السماعات المثبتة عليهما. ويقوم عمل النظام على أساس مبدأين من مبادىء عملية السمع هما : مبدأ الـ " إستريوفونية " (Steriophonic) فى استشعار إتجاه الصوت ، ومبدأ " تأثير الغضروف " (Pinna-Tragus Effect) لتحديد مدى علو مصدر الصوت بالنسبة لرأس الإنسان. وطبقا لمبدأ الإستريوفونية ينشأ الإحساس باتجاه الصوت نتيجة لاختلاف توقيت وصوله لإحدى الأذنين عن توقيت وصوله للأخرى وذلك إن كان اتجاه قدوم الصوت غير منطبق على امتداد مركز الدماغ. وتتم محاكاة هذا التأثير بواسطة أولى أنواع وحدات المعالجة الأولية وهى " عناصر التأخير الإتجاهى " (Directional Delay Elements).

أما نظام الإستشعار الضوئى لحركة الأجسام فيعتمد فى عمله على أن تغير إستضاءة جسم ما أو التدفق الضوئى (Optical Flow) القادم منه - كما تستشعرها عين الكائن الحى- إنما ترتبط بسرعة واتجاه حركة هذا الجسم.



شكل (٢٠ - ٧)

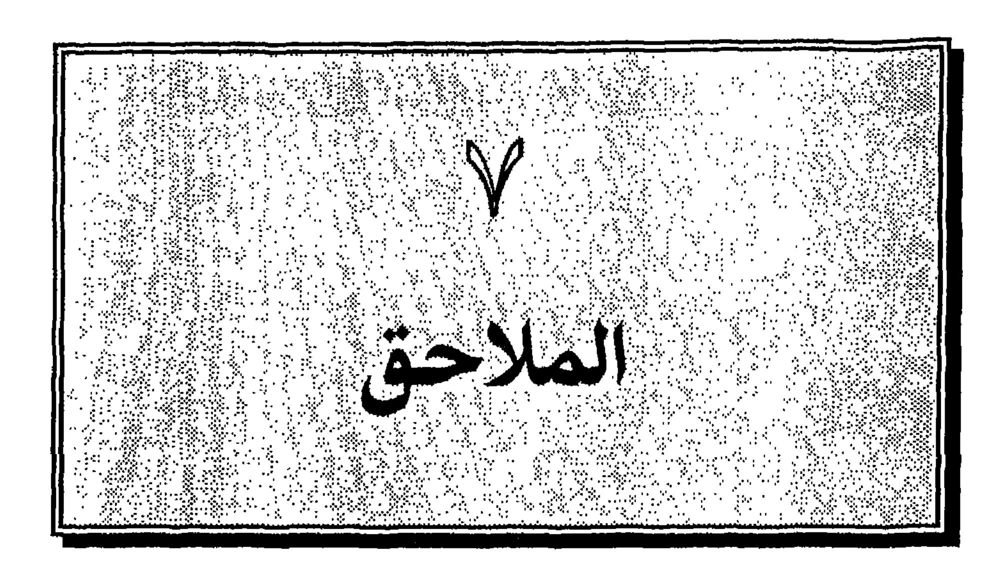
تقسيم العمل بين طبقتى الحوسبة (أ) الحسية (ب) الإدراكية



شكل (٢٠-٨)

مخطط مبسط لمعمار نظام سى هير (SeeHear)




٧
الملاحق



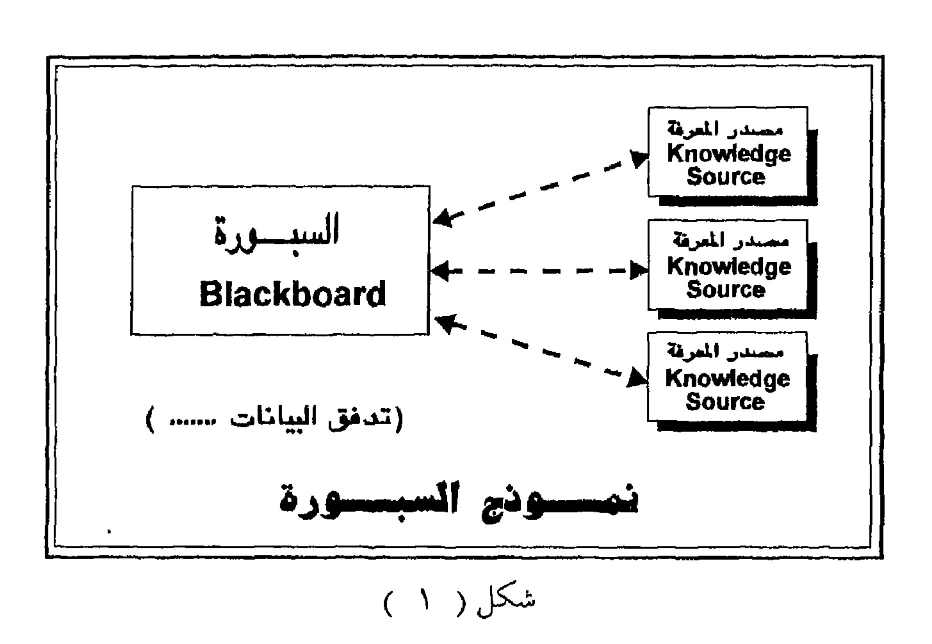
ملحق (١)

معمارية السبورة

(Blackboard Architecture)



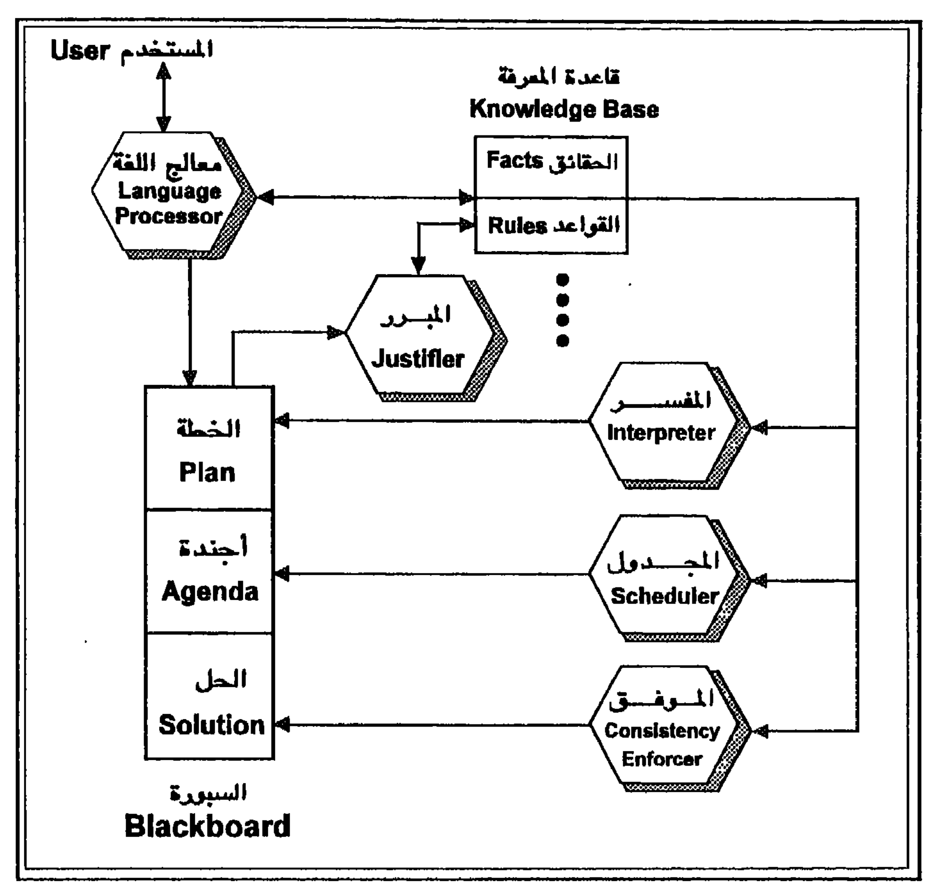
تستخدم معمارية السبورة (Blackboard Arvhitecture) فى بعض النظم الخبيرة مثل نظام (HEARSAY-II) ونظام (HASP). وترتكز معمارية السبورة على استخدام مجموعات مستقلة من قواعد المعرفة يطلق على كل منها اسم "مصدر المعرفة" (Knowledge Sources) ويعتبر كل منها مصدرا للخبرة فى جزئية قائمة بذاتها من جزئيات المشكلة المعروضة على النظام الخبير لحلها. وتتصل مصادر المعرفة فيما بينها من خلال قاعدة بيانات مركزية (Central Database) يطلق عليها اسم السبورة (Blackboard) وذلك كما يتضح من الشكل التالى :



شكل (١)

وتقوم مصادر المعرفة بتبادل الرسائل والمعلومات فيما بينها بوضعها على السبورة. وتحتوى المعلومات المتبادلة أساسا على نتائج مرحلية (Intermediate Results) وفرضيات (Hypothesis) تستخدم لحل المشكلة المعروضة على النظام الخبير. ويمكن اعتبار كل مصدر للمعرفة (KS) (Knowledge Source) كقاعدة معرفة تشتمل على مجموعة من القواعد (Rules) والحقائق (Facts) كما تشتمل معمارية السبورة على مجموعة للتحكم (Control) والتى تقوم بالملاحظة المستمرة لمصادر المعرفة وجدولة تدفق العمل فيما بينها وحل أى تعارض ينشأ بينها والمراقبة المستمرة لأى تغييرات فى البيانات الموجودة بالسبورة وتقرير ماسيتم اتخاذه من خطوات تالية بالإضافة إلى دمج التقديرات والتقييمات المتعددة والواردة من مختلف مصادر المعرفة. ولتنفيذ ذلك فإن وحدة التحكم تتكون عادة من ثلاثة أجزاء رئيسية هى المفسر (Interpreter) والمجدول (Scheduler) والموفق (Consistency Enforcer).

ويتم وضع المعلومات بالسبورة بأسلوب هرمى وتقسم بصفة عامة إلى ثلاثة مستويات مختلفة هى (Solution Panel , Control Panel, Control Data Panel). ويوضح الشكل التالى المكونات الأساسية لنظام خبير مثالى يستخدم معمارية السبورة(Blackboard Architecture).



شكل (٢)

ملحق (٢)

قائمة المصطلحات



Abstraction .... تجـريد
Activation .... إستثـــــارة
Actuator .... المشغل أو المحرك
Algorithmic .... خوارزمى
Allophone .... صوتيات الكلمة (ألفون)
Ambiguity .... غمـوض
Argument .... معامل
Arithmatic Operations .... العمليات الرياضية
Artificial .... إصطناعى
Artificial Intelligence .... الذكاء الإصناعى
Artistic Creativity .... الإبداع الفنى
assign .... يخصص
Atom .... عنصر لايمكن تجزئته (ذرة)
Attributes .... صفات مميزة
Automatic Programing .... البرمجة الآليــة
Backtracking .... البحث الراجع
Backward Chaining .... التسلسل الراجع (المتقهقر)
BASIC .... لغة البيزيــك
Binary .... ثنائـــى
Binary Tree .... الشجرة الثنائيــة
Bisociation .... ترافق ثنائى
Blackboard Architecture .... معمارية السبورة
C - Language .... لغـــة ســـى
Category .... صنف – نوع
Certainty Factor .... معامل المصداقية (الثقة)

Chain of Reasoning .... سلسلة الاستنتاج
Cognitive Sciences .... علوم إدراكية
Combinatorial Explosion........................ إنفجار إندماجى
Common Sence .... حس عام
Comparison.. مقارنـــة
Compound Predicate .... مسند مركب (محمول مركب)
Complex Numbers.. الأعداد المركبة
Computer Assisled Instruction (CAI) .... التدريس بمساعدة الحاسب
Computer Vision .... الرؤية بالحاسب
Conjunctions.. أدوات الوصل (المنطقية)
Constant .... ثـــابت
Contradictions.. تناقضـــات
Creative Thinking .... التفكير الإبـداعى
Creativity .... الإبـــداع
Cut Operator.. مؤثر القطع
Data .... بيانات
Databases.. قواعد البيانات
Data - Directed .... موجهة بالبيانات
Data Processing .... معالجة البيانات
Deductive Machine .... آلـة استنبـاط
Defence Science Board .... هيئة علوم الدفاع
Degrees of Freedom.. درجات الحريـــة
Diagnosis .... تشخيص (الأعطال أو الأمراض)
Diagnostic Program.. برنامج تشخيص
Dictionary.. قـــاموس

Domain Expert .... خبير المجال
Domain Knowledge .... المعرفة الخاصة بالمجال
Dynamic .... ديناميكـــى
Elbow .... مرفق
Electronic Actuator .... محرك إلكترونى
Electronic Signals .... نبضات إلكترونية
End Effector .... المؤثر النهائى
Environment .... البيئـــة
Evaluation Functions .... دوال التقييم
Exhaustive Search .... البحث الشامل
Expert Shell .... غلاف خبير
Expert System (ES) .... النظام الخبير
Expert System Building Tool .... أداة بناء النظام الخبير
Expertise .... خبـــرة
Experts .... خبـــراء
Explanation Facility .... وسيلة الشرح
Fact .... حقيقة - بيان صحيح
Facts .... حقـــائق
Feature .... صفـــة أو خاصية
Feature-Based Description .... التمثيل المبنى على الخصائص
Feedback .... التغذية العكسية
Fingers .... أصـــابع
Flixible .... مـــرن
Floating Point Numbers .... الأعداد الحقيقية (تحتوى على العلامة العشرية)
Formal .... مصـــاغ

Formalization .... صياغة
FORTRAN .... لغة فورتران
Forward Chaining .... التسلسل المتقدم
Forward Search .... بحث متقدم
Frame .... إطار
Frame-Based Methods .... الطرق المبنية على الأطر
Global .... عام - شائع
Goal-directed .... موجه بالهدف
Grammatical .... لغوى
Gripper .... ماسك
Heuristic .... الحدس (الحكم على الأشياء بالخبرة) (تجريبى)
Heuristic Rule .... قاعدة تجريبية
Hierarchy .... هرمى (مرتب ترتيب هرمى)
Humor .... فكاهة
Hybrid Systems .... نظم مختلطة
Hydraulic Actuator .... محرك هيدروليكى
Image Recognition .... التعرف على الصور
Image Understanding .... فهم الصور
Imprecission .... عدم التحديد (عدم الدقة)
Incompleteness .... عدم الكمال
Induction .... إستقراء
Inference .... إستدلال (إستنتاج)
Inference Chain .... سلسلة الاستدلال
Inference Engine .... آلة الاستدلال
Inference Hierarchy .... هرمية الإستنتاج

Inference Method .... طريقة الاستدلال
Inference Net .... شبكة الاستدلال
Informal .... غير مصاغ
Information .... معلـومات
Information Processing .... معالجة المعلومات
Information Systems .... نظم المعلومات
Inheritance Hierarahy .... هرمية التوارث
Initial .... إبتـدائى
Insects .... حشـرات
Integer Numbers .... الأعداد الصحيحة
Intellictual Creativity .... الإبداع الفكـرى
Intelligence .... ذكــاء
Intelligence Quotient (IQ) .... نسبة (معامل) الذكـاء
Intelligent Computers .... الحاسبات الذكية
Intelligent Robot .... الانسان الآلـى الذكـى
Interconnection .... وصلـة بينية
Interpreter .... مفسـر
Jokes .... فكاهــات
KIPS .... نظام معالجة المعارف والمعلومات
Knowledge .... المعرفـة
Knowledge Acquisition .... إكتسـاب المعرفـة
Knowledge Base .... قــاعدة المعرفـة
Knowledge Based System .... نظام مبنى على المعرفة
Knowledge Engineer .... مهندس المعرفة
Knowledge Engineering .... هندسـة المعرفـة

Knowledge Industry .... صناعة المعرفة
Knowledge Processing .... معالجة المعارف
Knowledge Representation .... تمثيل المعرفة
Knowledge Source .... مصدر المعرفة
Knuckles .... مفاصل
Large Scale Electronic Circiuts .... الدوائر الإلكترونية الضخمة
Learning .... التعلم
Linguists .... علماء اللغة (لغويون)
LISP .... لغـــة ليســـب
List .... قائمـــة
Local Variables .... متغيرات محلية
Logic Gate .... بوابـة منطقيـة
Logic programming .... البرمجة المنطقيـة
Logical Operator .... مؤثـــر منطقـــى
Machine Translation .... الترجمـــة الآليـــة
Mainframes .... الحاسبات الآلية الكبيرة
Majority Threshold .... حد الأغلبيـــة
Manipulator .... الذراع الميكانيكية
Matching .... مضاهاة
Metaknowledge .... المعرفة الــذاتيــة (المعرفة عن المعرفة)
Microcomputers .... الحاسبات الآلية الصغيرة
Microconnections .... الترابطات (التوصيلات) الدقيقة
Mobile Robot .... الانسان الآلـــى المتحرك
Model .... نمـــوذج
Modeling .... نمـــذجة

Modularity .... تجـزيئية

Multifunction .... متعدد الوظائـف

Natural languages .... اللغات الطبيعية

Natural Language Processing .... معالجة اللغات (الطبيعية)

Neural Impulse .... نبضة عصبية

Neuron .... خلية عصبية

Numerical Computations .... حسابـات عدديـة

Numerical Processing .... معالجـة عدديـة

Object Oriented Languages .... لغات البرمجـة الشيئيـة

Object Oriented Methods .... الطـرق الموجهة للهدف

Opacity .... الابهام - الغموض

Operations .... عمليـات

Operator .... مـؤثـر

Optical Scanner .... ماسح الصور الضوئى

Optimization .... أمثـلة

Parallel Processors .... المعالجات المتوازية

Parser .... معـرب الجملة

Pattern Matching .... مضاهاة الأنساق

Phoneme .... صوتيات الحرف فى الكلمة

Physical .... مـادى

Planning and Decission Support .... التخطيط ودعم القرار

Playback Control .... التحكم بإعادة الحركة

Pneumatic Actuator .... محرك هـوائى

Poetry .... الشعـر

Precession .... دقـة

Predicate .... المسنـد (المحمول)
Predicated Calculus .... الجبـر الإسنـادى (حساب المحمول)
Premise .... مقـدمة (منطقيــة)
Prepositional Phrase .... شبـه جملــة جار ومجرور
Procedural Languages .... لغات إجرائية
Processor....................................... المعالج (وهو عقل الحاسب الآلـــى)
Production Rule .... قاعدة الانتاج
Productivity .... الإنتاجيــة
PROLOG .... لغــة برولـــوج
Qualitative .... كيفــى
Query .... استفســار
RAM (Random Access Memory) .... ذاكـــرة الوصول العشوائى
Real -World Problems .... مشاكل واقعية
Reasoning Processes.. عمليات إستدلالية
Recursive Procedure .... إجراء تكرارى
Recursion .... التكرار الذاتى
Recursive Transition Networks (RTN)........... شبكات الانتقال التكرارى
Relative Clause .... جملـة الصلـة
Repetitive Operation .... عملية تكرارية
Reserved .... محجـــوز
Rhyme .... قافيـة - سجــع
Rhyming Couplet .... مقاطع شعرية
Robot .... الروبوت (الانسان الآلـــى)
Robot Vision .... الرؤية للانسان الآلـــى
Robotics .... الروبوتيات

Rule .... قاعـــدة
Rule - Based Methods .... طرق مبنية على القواعـــد
Rule - Based System .... نظام مبنى على القواعد
Rules .... قـواعـد
Rules of Thumb .... القواعد المبنية على التجربة
Scheduler.. مخطط أو مجـــدول
Scheme .... هيئـــة
Search .... بحـــث
Search Space .... مجال البحـث
.... دلالـــى
Semantic Net .... شبكة دلاليـــة
Semantic Relationships .... العلاقـــات الدلاليـــة
Sensor .... جهـاز إدراك (مستشعر)
Sentence .... جملـــــة
Sentence Generator .... مـولد الجمـــل
Serial .... متعاقب – متتالى
Servo Robot .... انسان آلـــى مؤازر
Shoulder .... كتـــف
Signal Processing .... معالجـة النبضات
Simulation .... محـاكاة
Slot .... شـقب (حيـز ضيق)
Software .... برمجيات الحاسب
Space Invaders .... غزاة الفضاء
Speech Analysis .... تحليل الكلام
Speech Recognition.. التعرف على الكلام

Speech Understanding .... فهم الكلام المنطوق
Statement .... جملـــة
Structure .... تركيـــب (بنيـــة)
Subroutine .... برنامج فرعـــى
Support Tools .... الأدوات المســاعدة
Syllable .... المقطع اللفظى من الكلمة
Syllogism .... معالجة رمزيـــة
Symbolic Processing .... معالجـــة رمـــزية
Symbolic Programming Languages .... لغات البرمجة الرمـــزية
Symbolic Reasoning .... الاستدلال الرمزى
Symbols .... رمـــوز
Text Understanding .... فهم النصوص بالحاسب
Tool .... أداة
Tool Builder .... أداة بنـــاء
Tools For Knowledge Engineering .... أدوات هندسة المعرفة
Toy Domains .... مجالات دميويـــة
Toy Problem .... مشكلة دميويـــة
Turbo Pascal .... لغـــة باسكال السريعة
Uniformity .... التماثـــــل
Values .... قيـــم
Variables .... متغيـــرات
Verbal Creativity .... الإبـــداع اللفظـــى
Verse .... قصيدة شعرية - بيت من الشعر
Vocabulary .... مفـــردات
Wrist .... رســـغ

ملحق (٣)

قائمة المراجع



- Aleksander, I. "*Designing Intelligent Systems : An Introduction*", New York: UNIPUB, 1984.
- Allen, J., "*Natural Language Understanding*", Benjamin Cummings, 1987.
- Alty, J.L. and M.J. Coombs, "*Expert Systems : Conceps and Examples*", NCC Publications, 1984.
- Andrew, A.M. "*Artificial Intelligence*", Abcus, 1983.
- Barr , A. , P.R. Cohen and E. Feigenbaum , "*The Handbook of Artificial Intelligence*" , Addison-Wesley , 1986
- Boden, M., "*Artificila Intelligence and Natural Man*", Harveser Press, 1997.
- Bolc, L. (ed.), "*Representation and Processing of Natural Language*", Macmillan, 1980.
- Brachman, R. and H. Levesque, eds. "*Readings in Knowledge Representation*". Los Altos, CA: Morgan Kaufman Publishers, 1985.
- Brownston, L., R. Farrel, E. Kant, and N. Martin "*Programming Expert Systems in OPS5. An Introduction to Rule-Based Programming.* Reading", MA: Addison-Wesley, 1985.
- Cercone, N.J. "*Computational Linguistics*", Pergamon, 1983.
- Charniak, E. and D. M. McDermott. "*Introduction to Artificial Intelligence. Reading*", MA: Addison-Wesley, 1985.

- Coombs, M. J. "*Development in Expert Systems*". London: Academic Press, 1984.
- Davis, Randall. "*Expert Systems: Where Are We? And Where De We Go From Here?*" The AI Magazine, 3 , no. 2 (Spring 1982).
- Davis, R. and D. B. Lenat. "*Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence*". New York: McGraw-Hill International Book Co., 1982.
- Emrich, M. L. Energy Division, "*Expert Systems Tools and Techniques*". Prepared by Oak Ridge National Laboratory for the U.S. Department of Energy under contract No. DE-AC05-840R21400, August 1985.
- Fischler, M.A. and O. Firschein, "*Intelligence: the Eye, the Brain and the Computer*", Addison-Wesley, 1987.
- Forsyth, R., "*Expert Systems : Principles and Case Studies*", Chapman and Hall Computing, 1984.
- Gaines, B. and M. Shaw, "*The Art of Computer Conversation*", Prentice-Hall International, 1984.
- Garnham, A., "*Artificial Intelligence - an Introduction*", Routledge and Kegan Paul, 1987.
- Gevarter, W. B. "*Artificial Intelligence, Expert Systems, Computer Vision, and Natural Language Processing*". Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1984.
- Grishman, R., "*Computational Linguistics*", Cambridge University Press, 1986.
- Harmon, P. and D. King. "*Expert Systems: Artificial Intelli-*

gence in Business". New York: John Wiley, 1985.

- Harris, M.D., "*Introduction to Natural Language Processing*", Prentice-Hall, 1985.
- Hayes-Roth, F., A. Waterman, and D. B. Lenat, eds. "*Building Expert Systems*". Reading, MA: Addison-Wesley, 1983.
- Hu, D. "*Expert Systems for Software Engineers and Managers*". New York: Chapman & Hall, 1987.
- Jackson, P., "*Introduction to Expert Systems*", Addison-Wesley, 1986.
- Johnson, T. "*The Commercial Application of Expert Systems Technology*". London; Ovum Ltd., 1985.
- Michie, D. (ed.), "*Introductory Readings in Expert Systems*", Gordon and Breach Science, 1982.
- Naylor, Chris. "*Build Your Own Expert System*". Halstead Press, a division of John Wiley & Sons. 1983.
- Negoita, C. V. "*Expert Systems and Fuzzy Systems*". Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Pub. Co., 1985.
- O'Shea, T. and M. Eisenstadt (eds.), "*Artificial Intelligence-Tools, Techniques and Applications*", *The Open University, Harper and Row*, 1984.
- Reboh, R. "*Knowledge Engineering Techniques and Tools for Expert Systems*". Software Systems Research Center, Linkoping University, Sweden, 1981.
- Rich, E. "*Atificial Intelligence*". New York: McGraw-Hill, 1983.

- Sell, Peter S. *Expert Systems-A Practical Introduction.* MacMillan Publishers Ltd. (in Great Britain) and Halstead Press, A division of John Wiley & and Sons, Inc. (in the U.S.), 1985.
- Shafer, G. "*Probability judgment in artificial intelligence and expert systems*". Working paper 165, School of Business, University of Kansas, 1984.
- Waterman, D.A., "*Guide to Expert Systems*", Addison Wesley, 1985.
- Weiss, S. M. and C. A. Kuliwoski. "*A Practical Guide to Designing Expert Systems*". Totwa, NJ: Rowman and Allanheld, 1984.
- Winograd, T., "*Understanding Natural Language*", Academic Press, 1972.
- Winston, P., "*Artificial Intelligence*", (2nd edn.), Addison-Wesley, 1984.

ملحق (٤)

مجموعة كتب دلتا



١ الحاسبات الإلكترونية حاضرها ومستقبلها

يعتبر هذا الكتاب من أهم الكتب التى يحتاج القارىء اليها سواء كان فى بداية طريق دراسة علوم الحاسب أو قطع شوطا كبيرا فى هذا المجال . ذلك لأن هذا الكتاب يتضمن معلومات عن كل مايتعلق بتكنولوجيا الحاسب بدءا من إستعراض تطور الحاسبات من حيث المكونات المادية والبرامج وتطور نظم التشغيل وانتهاء بلغات الجيل الرابع ونظم دعم القرار مرورا بجميع الموضوعات التى تشغل المتخصصين فى مجال الحاسب مثل تعريب الحاسبات ولغات الحاسب بالإضافة إلى البرامج التطبيقية المختلفة مثل نظم إدارة قواعد البيانات والجداول الإلكترونية وبرامج تنسيق الكلمات ونظم إدارة المشروعات ونظم التصميم الهندسى هذا بالإضافة إلى موضوعات أمن البيانات وفيروسات الحاسب . ويحتوى هذا الكتاب على جزء خاص بمستقبل تكنولوجيا الحاسبات يتضمن الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة والبرمجة الشيئية (Object Oriented) والمعالجة العصبية للمعلومات (Neural Networks) ومعالجة اللغات الطبيعية واللغة العربية بالحاسب والكثير من الموضوعات الأخرى المرتبطة بهذا المجال . والكتاب يحتوى على مالايقل عن ٨٥٠ صفحة مزودة بأكثر من ٥٠٠ شكل توضيحى .

٢ دائرة معارف الحاسب الإلكترونى

يعتبر هذا الكتاب من المراجع العلمية المتميزة فى مجال تكنولوجيا المعلومات. فهو إلى جانب مايتمتع به من دقة وشمول فإن أسلوبه يتميز بالسهولة والوضوح دون الإخلال بالمضمون العلمى. والكتاب لايقتصر على الترجمة الدقيقة لمصطلحات الحاسب ، وإنما يوفر أيضا الشرح التفصيلى لهذه المصطلحات وأى معلومات مرتبطة بها. وقد روعى عند إعداد هذه الموسوعة أن يجد فيها القارئ كل غايته ، بدءا من القارئ العادى الذى يسعى إلى الحصول على المعلومات البسيطة الشاملة ، وانتهاء بالقارئ الفنى والمتخصص الذى يسعى إلى الحصول على

معلومات فنية دقيقة. لذلك فقد تم تغذية الموسوعة بآخر ماوصل إليه العلم فى مجال تكنولوجيا المعلومات لملاحقة التطور السريع فى هذا المجال. ويحتوى الكتاب على مالايقل عن ألف ومائتى مصطلح مرتبة بالترتيب الهجائى للحروف حتى يستطيع القارئ بسهولة الوصول إلى المصطلح المطلوب. ويصل عدد صفحات الكتاب إلى ٥٠٠ صفحة مزودة بما يزيد عن ٣٠٠ شكل توضيحى

٣ المرجع الشامل لنظام التشغيل (DOS)

يعتبر هذا الكتاب من المراجع العربية المتميزة التى تتناول نظام التشغيل (DOS) وتوضح خصائصه الفنية وأوامره ووظائفه بشرح يتصف بالبساطة إلى جانب الدقة والشمول . والكتاب لايقتصر على نظام التشغيل (DOS) فقط ، ولكنه يتناول أيضا نظام التشغيل (DOS-4)، (DOS-5) ، (DRDOS-6) بالإضافة إلى نظام النوافذ (Windows) الذى يوفر التفاعل الجيد بين المستخدم والحاسب . كما يتناول الكتاب أيضا أهم الأدوات المساعدة لنظام التشغيل (DOS) مثل برنامج (PC Tools) وبرنامج (Norton). وهى الأدوات التى تساعد المستخدم على إستعادة الملفات الممسوحة بطريق الخطأ وكذلك فحص القرص واكتشاف أعطاله وإصلاحها وتحسين أداء القرص وتحسين أداء الحاسب بصفة عامة . كما يتناول الكتاب أيضا أهم السلبيات والمشاكل التى يمكن أن يتعرض لها نظام التشغيل (DOS) ممثلة فى فيروسات الحاسب مع توضيح أخطار هذه الفيروسات وطرق التغلب عليها والوقاية منها . والكتاب يتكون من ستة أجزاء بالإضافة إلى الملاحق ، و يزيد عدد صفحاته عن ٦٥٠ صفحة محتوية على مايزيد عن ٦٠٠ شكل توضيحى .

٤ عالم الجداول الإلكترونية (بين الدراسة والتطبيق)

يعتبر هذا الكتاب من أهم الكتب التى تناولت برامج الجداول الإلكترونية بالشرح التفصيلى الدقيق مع الأسلوب السهل الواضح . ورغم أنه يشرح ثلاثة من البرامج تمثل أقوى

برامج الجداول الإلكترونية على الإطلاق وهى برامج :

LOTUS 123 - EXCEL - QUATRO PRO

إلا أنه يتضمن أيضا شرحا وافيا لأساسيات التعامل مع برامج الجداول الإلكترونية بصفة عامه مما يساعد المستخدم على الإلمام بأساليب التعامل مع جميع برامج الجداول الإلكترونية . ويوفر البرنامج شرحا لأهم الخصائص الفنية المتقدمة مثل استخدام الماكرو واستخدام خصائص قواعد البيانات واستخدام النوافذ وربط الجداول الإلكترونية واستخدام مكتبات الربط وكذلك استخدام الأنواع المتقدمة من الرسومات مثل الرسومات ثلاثية الأبعاد واستخدام الشاشات المنزلقة . كما يوفر الكتاب شرحا تفصيليا لطريقة حل مسائل البرمجة الخطية عن طريق الجدول الإلكترونى مع توضيح ذلك بمثال عملى واضح . كما يشرح الكتاب تطبيقا شاملا على الجداول الالكترونية وهو بعنوان "إدارة التدفق النقدى" وذلك فى اكثر من ٢٥٠ صفحة متضمنة عددا كبيرا من الرسوم التوضيحية والمخططات . وهذا التطبيق يساعد مدير العمل على متابعة التدفق النقدى فى منشأته والسيطرة عليه . والكتاب فى مجمله يزيد عدد صفحاته عن ٦٧٠ صفحة متضمنة مالا يقل عن ٦٠٠ شكل توضيحى .

٥ الحاسب الإلكترونى وقواعد البيانات (الجزء الأول)

يعتبر هذا الكتاب من أهم الكتب التى تتناول قواعد البيانات بصفة عامة وبرامج عائلة (DBase) بصفة خاصة وهى البرامج :

DBASEIII+ - DBASEIV - FOXBASE+ - FOXPRO

والكتاب يوضح مفهوم قواعد البيانات ومفهوم إدارة قواعد البيانات . كما يشرح الكتاب بالتفصيل أهم الجوانب الفنية المرتبطة ببرامج عائلة (DBase) متضمنة قواعد إنشاء هيكل الملف (DBase Structure) وقواعد تصميم شاشة الإدخال وعرض السجلات على الشاشة وتصحيحها وقواعد تنظيم ملف قاعدة البيانات عن طريق الفرز (Sorting) والفهرسة

(Indexing) وطـــرق البحث عـــن الســجلات واستخدام ملفات البحث (Query Files) وطباعة التقـــارير وربـــط قواعـــد البيـــانات . كما يشـرح الكـتاب اســـتخدام أوامـــر النقطـــة (Dot Commands) وقواعد كتابة البرامج الخاصة بقواعد البيانات وإستخدام متغيرات الذاكرة (Memory Variables) وملفات الذاكرة (Memory Files) وملفات الخطوات (Procedure Files) والدوال المستخدمة وطرق التحكم فى شاشة الإدخـــال وكذلك التحكم فـــى الطباعة ووسائل تصحيح الأخطاء (Debugging Tools) . ويتكـــون الكتـــاب من ستة وعشرين فصلا بالإضافة إلى أربعة ملاحق.كما يحتوى على العديد من الأشكال التوضيـــحية ويزيد عدد صفحاته عن ٣٨٠ صفحة.

٦ الحاسب الإلكترونى وقواعـــد البيانات (الجزء الثانى)

يعتبرهذا الكتاب جزءا مكملا للجزء الأول ويحتوى على شرح تفصيلى للأوامر والدوال المستخدمة فى برامج عائلة (DBase) و يكون مـع الجزء الأول المرجع الشـامل الذى يعين المستخدم على كتابة البرامج التطبيقية عالية الكفاءة والتى تخدم جميع مجالات نظم المعلومات . ويزيـــد عـــدد صفحـــات الكتـــاب عن ٢٤٠ صفحـــة متضمنـــة العديـــد مـــن الأشكال التوضيحية .

٧ تطبيقات نظم إدارة قواعـــد البيانـــات

يعد هذا الكتاب إضافة حقيقية للمكتبة العربية التى تفتقر إلى هذا النوع من الكتب التى تتناول تطبيقات عملية لنظم إدارة قواعد البيانات . ولا يكتفى الكتاب بالشرح الإجمالى لكل نظام والبرامج المكونة له ، ولكنه يقف عند كل سطر فى البرامج ويشرحه شرحا دقيقا موضحا البدائل المختلفة ومميزات وعيوب كل من هذه البدائل . والكتاب يتكون من خمسة أجزاء . الجـزء الأول يحتوى على مراجعة للكتاب الأول "نظم إدارة قواعد البيانات" بجزأيه الأول والثانى . والجزء الثانى من الكتاب يشرح نظام معلومات شئون الطلبة الذى يصلح للاستخدام فى أى

مؤسسة تعليمية لمتابعة بيانات الطلبة والسيطرة الكاملة على إدخال البيانات وعرضها وتصحيحها وطباعة التقارير . والجزء الثالث من الكتاب يشرح نظام المخازن كنموذج لقواعد البيانات التى تتعامل مع ملفات الحركة (Transaction Files) . والجزء الرابع يشرح نظام حسابات العملاء كنموذج للبرامج التى تستخدم ملفات الخطوات (Procedure Files) لتقليل عدد الملفات المفتوحة . والجزء الخامس يشرح بعض الأدوات والوسائل المتقدمة فى كتابة البرامج من خلال ثلاثة برامج مختلفة أحدها يستخدم فى كتابة الشيكات ، والثانى يتيح للمستخدم إختيار الألوان التى يفضلها فى شاشات إدخال البيانات ، والثالث يتيح عرض شاشات إدخال بيانات تحتوى على عمود ضوئى يمكن تحريكه الى الإختيار المطلوب . والجزء السادس يشرح بعض التطبيقات الإضافية ويتضمن أيضا شرح مولد التطبيقات الخاص ببرنامج (+DBase III) والكتاب يزيد عدد صفحاته عن خمسمائة صفحة متضمنة مايزيد عن ١٠٠ شكلا توضيحيا .

٨ فيروسات الحاسب وأمن البيانات

يتناول هذا الكتاب قضية أمن البيانات بصفة عامة موضحا الأساليب التكنولوجية المختلفة لتنفيذ ذلك مثل استخدام التشفير وإعادة التشفير واستخدام كلمات السر تبعا لمستويات السرية المختلفة وارتباط ذلك بنظم التشغيل. ثم يشرح الكتاب موضوع فيروسات الحاسب باعتباره من أهم الموضوعات التى تشغل عقول كثير من المهتمين بمجال الحاسب نظرا لما يمثله الفيروس من خطورة على أمن البيانات . ويقدم الكتاب دراسة موضوعية دقيقة تتناول التحليل الدقيق للفيروس من حيث تكوينه وخصائصه الفنية بما يتيح للمستخدم التعرف السليم على هذا الموضوع بعيدا عن التخيلات والأوهام . كما يشمل الكتاب أيضا توضيحا لطرق الوقاية والعلاج والأمصال البرمجية المستخدمة ضد أنواع معينة من الفيروسات . ويتضمن الكتاب بعض الملاحق يناقش أحدها أشهر نماذج فيروسات الحاسب مع شرح دقيق لمواصفات أكثر من ١٥٠ فيروس من فيروسات الحاسب .

٩ الحاسب ونظم المعلومات الإدارية

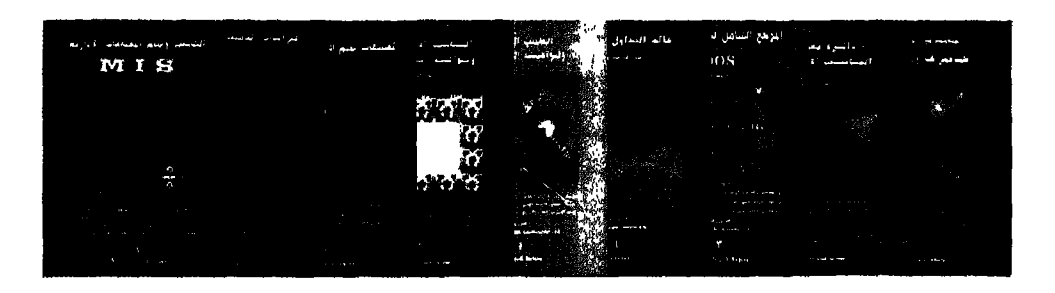
يتناول هذا الكتاب أهمية إستخدام الحاسب فى نظم المعلومات الإدارية وأهم الموضوعات المرتبطة بتكنولوجيا المعلومات وتطور الحاسبات ونظم التشغيل ولغات الحاسب . كما يوضح أساسيات تحليل وتصميم النظم بدءا من توصيف المتطلبات وتحليلها ثم تحليل بدائل تصميم النظام وكذلك استخدام أدوات هندسة البرامج (CASE Tools) . كما يتناول أهم تطبيقات الحاسب المالية والمحاسبية مثل نظام السيطرة على المخزون ونظم حسابات العملاء والحسابات العامة والمرتبات وإدارة التدفق النقدى والتسويق والتصنيع . كما يتناول الكتاب استخدام التقنيات الحديثة فى مجالات الأعمال مثل ميكنة المكاتب والإتصالات وأمن البيانات ونظم المعاونة فى اتخاذ القرار والذكاء الإصطناعى . والكتاب يزيد عدد صفحاته عن ٥٥٠ صفحة تتضمن مايزيد عن ٤٠٠ شكل توضيحى .

١٠ النظم الخبيرة والذكاء الإصطناعى

يتناول هذا الكتاب تقنية من أحدث التقنيات التى ظهرت فى عصر الحاسب ، وهى التقنية الخاصة بالذكاء الإصطناعى مع تناول أحد المجالات التطبيقية الهامة المرتبطة بها بالتفصيل وهى النظم الخبيرة والتى بدأت تنتشر بسرعة كبيرة فى معظم أوجه الحياة العملية . وقد وضع فى الإعتبار أن يجد كل من القارئ المتخصص وغير المتخصص غايته من هذا الكتاب بحيث يتمكن القارئ من التفاعل بسلاسة وسرعة مع تكنولوجيا المستقبل . والكتاب يزيد عدد صفحاته عن ٥٠٠ صفحة متضمنة العديد من الأشكال التوضيحية .



مجموعة كتب "دلتا"



هذا الكتاب

الجزء الأول

الذكاء الإصطناعي

١ - نظرة عامة

٢ - تمثيل المشاكل ووسائل حلها

الجزء الثاني

هندسة المعرفة

٣ - إكتساب المعرفة

٤ - تمثيل المعرفة

٥ - الإستدلال والشرح

٦ - عدم المصداقية

الجزء الثالث

تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعي وأدوات بنائها

٧ - تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعي

٨ - لغة ليسب (LISP)

٩ - لغة برولوج (PROLOG)

الجزء الرابع

النظم الخبيرة

١٠ - نظرة عامة على النظم الخبيرة

١١ - بناء النظام الخبير

١٢ - أمثلة عملية للنظم الخبيرة

الجزء الخامس

تقنيات نظم الذكاء الإصطناعي

١٣ - فهم اللغات الحيية

١٤ - الرؤية بالحاسب

١٥ - التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلي

الجزء السادس

الشبكات العصبية

١٦ نظرة عامة على الشبكات العصبية

١٧ - معمارية الشبكة العصبية الإصطناعية

١٨ - تطوير الشبكات العصبية الإصطناعية

١٩ التطبيقات العملية للشبكات العصبية الإصطناعية

٢٠ - الإتجاهات المستقبلية

الملاحق

ملحق (١) معمارية السبورة

ملحق (٢) قائمة المصطلحات

ملحق (٣) قائمة المراجع

ملحق (٤) مجموعة كتب دلتا

٥ عبد الله بن الزبير مصر الجديدة - نزهة - القاهرة - ت ٢٤٦٧٣٣٨ / ٢٤٤٠٢٧٥ / ٢٤٤٤٩٩٧ فاكسيميلي ٢٤٣٥٦٦٥

5 ABDEL LAH IBN EL ZUBAIR NOZHA HELIOPOLIS, CAIRO Fax 2435665 Tel 2467338 / 2440275 / 2444997